

**DIAGNOSTICO Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LAS
REDES MATRICES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO
DOSQUEBRADAS RISARALDA**

PABLO ANDRÉS TORRES VELÁSQUEZ
VÍCTOR HUGO VÉLEZ GÓMEZ

UNIVERSIDAD LIBRE

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

PEREIRA

2010

**DIAGNOSTICO Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LAS
REDES MATRICES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO
DOSQUEBRADAS RISARALDA**

PABLO ANDRÉS TORRES VELÁSQUEZ
VÍCTOR HUGO VÉLEZ GÓMEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero
civil

Director de tesis
JUAN MANUEL GONZÁLEZ CASTAÑO
Geólogo

UNIVERSIDAD LIBRE

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

PEREIRA
2010

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Pereira, 10 de Agosto de 2010

Dedicado a mi tío William, a mi tía Yia y a mi tía Tela, que sin su ayuda no hubiera sido posible este gran logro. Pero principalmente va dedicado a mi hermano y a mis superpapás, que con su increíble esfuerzo y paciencia durante cinco largos años hicieron posible que yo me convirtiera en su mejor ingeniero civil.

Pablo Andrés Torres Velásquez

Dedicado a Dios, a mis padres Rodrigo Vélez Franco y Luz Zoraida Gómez Del Río quienes con su admirable esfuerzo y cariño me dieron lo justo y necesario para lograr esta meta en mi vida, a mis hermanos, a mis abuelos por su inmenso apoyo incondicional y por su ejemplo de de humildad, a las familias Vélez Franco y Gómez Del Río que de diferentes maneras me apoyaron y colaboraron para culminar esta carrera y a mi pueblo Balboa Risaralda que me vio Nacer y crecer.

Víctor Hugo Vélez Gómez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Ingeniera, Profesora y Directora de Carrera, Natalia Mejía Martínez, porque siempre vio en nosotros unos buenos profesionales.

Agradecemos al profesor y geólogo Juan Manuel González Castaño, quien con gusto acepto ser el director de nuestro trabajo de grado.

Agradecemos a la Doctora y profesora María Ruby Restrepo, que no importaba la hora siempre estaba dispuesta a ayudarnos.

Agradecemos también al ingeniero Julián Arias, gerente operativo de Serviciudad ESP; al profesor e ingeniero civil, José Gilberto López; al Ingeniero y decano de la facultad de ingenierías, Adán Silvestre y a todos y cada uno los profesores, desde el primer hasta el decimo semestre, que tuvieron un papel importante para lograr llegar a la meta de graduarnos como ingenieros civiles de la Universidad Libre.

CONTENIDO

1	GLOSARIO.....	12
2	RESUMEN.....	16
3	INTRODUCCIÓN.....	17
4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
4.1	FORMULACIÓN.....	18
5	JUSTIFICACIÓN	19
6	OBJETIVOS	20
6.1	OBJETIVO GENERAL:	20
6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	20
7	DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	21
8	MARCO DE REFERENCIA	22
8.1	MARCO DE ANTECEDENTES LOCAL	22
8.1.1	Descripción general del municipio de Dosquebradas	23
•	Localización.....	23
•	Limites:.....	23
•	Población:	23
•	Clima:	23
•	Geografía:	24
•	Hidrología:	24
8.2	ESTUDIOS PREVIOS DE LA REGIÓN:.....	24

8.3	MARCO TEÓRICO:	25
9	MARCO LEGAL Y NORMATIVO	34
10	RECURSOS DISPONIBLES.....	35
10.1	RECURSOS FÍSICOS:	35
10.2	RECURSOS FINANCIEROS:.....	35
11	MARCO METODOLÓGICO.....	36
11.1	FASES.....	36
12	DESARROLLO METODOLÓGICO	37
12.1	MODELAMIENTO HIDRÁULICO.....	38
12.1.1	Flujograma:.....	38
12.1.2	Procedimiento Metodológico:.....	39
12.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS	42
12.2.1	Esquema de la red	43
12.2.2	El Visor de Datos	43
12.2.3	El Visor del Esquema.....	44
12.2.4	Informes especiales.	45
12.2.4.1	Resumen del proyecto:.....	45
12.2.4.2	Informe de Estado.....	46
12.2.4.3	Informe de Energía.	47
12.2.5	Presentación de los Resultados mediante Gráficas.....	47
12.2.5.1	Curva de evolución.	47
12.2.5.2	Perfil Longitudinal.....	48
12.2.5.3	Mapa de Isolíneas.	48
12.2.5.4	Curva de distribución.....	49
12.2.5.5	Balance de caudales.....	50
12.2.6	Presentación de Tablas.....	51
12.2.6.1	Evolución temporal en los nodos.....	51
12.2.6.2	Estados de los nudos.....	52
12.2.6.3	Evolución temporal de las tuberías.....	53

12.2.6.4	Estado de las tuberías.	54
12.2.7	Informe completo:.....	55
12.3	<i>MONTAJE EN ARCGIS</i>	56
12.4	<i>Modelo Entidad Relación.</i>	56
12.4.1.1	Diseño de la base de datos.	57
12.4.2	FLUJOGRAMA.	58
12.4.3	Procedimiento metodológico.	59
12.4.4	Tablas.....	70
12.5	<i>RESULTADOS FINALES.</i>	73
13	CONCLUSIONES	74
14	RECOMENDACIONES	78
15	BIBLIOGRAFÍA	80
16	ANEXOS	81

LISTAS DE FIGURAS

Ilustración 1. Flujograma General	37
Ilustración 2. Flujograma de EPANET.....	38
Ilustración 3. Opciones de tiempo.....	41
Ilustración 4. Editor de curvas de modelación.....	42
Ilustración 5. Esquema de la red.	43
Ilustración 6. Visor de datos.	44
Ilustración 7. Visor del esquema.	45
Ilustración 8. Resumen del proyecto.	46
Ilustración 9. Informe de estado.	46
Ilustración 10. Gráfica de evolución de presiones en varios nodos de la red.	47
Ilustración 11. Perfil longitudinal.....	48
Ilustración 12. Mapa de isolíneas de presiones.	49
Ilustración 13. Curva de distribución de presiones.	49
Ilustración 14. Balance de caudales en el sistema.	50
Ilustración 15. Modelo entidad-relación.....	56
Ilustración 16. Diseño de la base de datos.	57
Ilustración 17. Flujograma de ArcGIS	58
Ilustración 18. Proceso de importación del plano.	59
Ilustración 19. Creación de los Shapefiles	60
Ilustración 20. Ubicación de la tabla de contenido en ArcGis.	61
Ilustración 21. Creación de los campos en la tabla de atributos.....	62
Ilustración 22. Tuberías y tabla de atributos.	63
Ilustración 23. Nodos y tablas de atributos.	64
Ilustración 24. Tanques y tabla de atributos.	64
Ilustración 25. Hidrantes y tabla de atributos.....	65
Ilustración 26. Reducciones y tabla de atributos.....	65
Ilustración 27. Válvulas y tabla de atributos.....	66

Ilustración 28. Creación de la Geodatabase	68
Ilustración 29. Archivo de Microsoft Access creado por la Geodatabase.....	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evolución temporal nodo 4.....	51
Tabla 2. Estado de los nodos en la red a las 18:00 horas.	52
Tabla 3. Evolución temporal tubería 4	53
Tabla 4. Estado de las líneas en la red a las 6:00 horas.	54
Tabla 5. Atributos de los nodos.....	66
Tabla 6. Base de datos de los hidrantes.....	70
Tabla 7. Base de datos de los tanques.	70
Tabla 8. Base de datos de los nodos.	71
Tabla 9. Base de datos de las reducciones.	71
Tabla 10. Base de datos de las tuberías.	72
Tabla 11. Base de datos de las válvulas.	72
Tabla 12. Nodos de altas presiones.	74
Tabla 13 Diámetros con longitudes totales	75
Tabla 14 Longitudes totales por tipo de tubería	75

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Especificaciones técnicas Serviudad ESP.....	82
ANEXO B. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000.....	82
ANEXO C. Ley 9 1979, Código Sanitario Nacional.	82
ANEXO D. Ley 373 de 1997, sobre ahorro y uso eficiente del agua.	82
ANEXO E. Ley 388 de 1997, sobre Planes de Ordenamiento Territorial.	82
ANEXO F. Ley 142 de 1994, por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios.	82
ANEXO G. Decreto 475 de 1998, del Ministerio de Salud Pública y de Desarrollo Económico, por el cual se expiden las Normas sobre calidad del agua potable.	82
ANEXO H. Resultados EPANET.....	82
ANEXO I. PRESUPUESTO	83
ANEXO J. Plano de la red de acueducto del municipio de Dosquebradas.....	84

1 GLOSARIO

ArcGIS: Es una herramienta poderosa de aplicación que inserta la información geográfica en su escritorio, ya que brinda la capacidad de visualizar, explorar, consultar y analizar datos en forma espacial.

Atributo: información no espacial sobre un accidente geográfico en un SIG, normalmente se almacena en una tabla y vinculados a la función por un identificador único.

Base de datos: es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso.

Catastro: Es el Registro público que contiene la cantidad, calidad y estimación que describe los bienes urbanos y de características especiales.

Consumo: Es la cantidad de agua en litros que en promedio un habitante se gasta en un segundo

Curva de modelación: Es una secuencia de factores multiplicativos que, aplicados sobre un valor base, hacen que éste varíe con el tiempo.

Demanda base: Es la cantidad de agua en litros que requiere un nodo para abastecer una población determinada

Empalmes de tubería: Punto de unión o combinación de dos a cuatro tuberías, en donde se instala una válvula o llave de paso para su control.

Feature class: Es una colección de características geográficas con el mismo tipo de geometría (como punto, línea o polígono) , los mismos atributos , y la misma referencia espacial.

Geodatabase: es una base de datos o un archivo de estructura que se utiliza principalmente para almacenar, consultar y manipular datos espaciales.

Hidrante: Es una toma de agua diseñada para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio.

Join: Anexar los campos de una tabla a los de otra a través de un atributo o un campo común a ambas tablas. La unión es generalmente utilizada para fijar más atributos a la tabla de atributos de una capa geográfica.

Nodo o nudo: Representación gráfica que simboliza una reducción, tee o hidrante en una red de acueducto en EPANET.

Presión: En física y disciplinas afines, la presión es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

En el Sistema Internacional de Unidades (SI) la presión se mide en una unidad derivada que se denomina pascal (Pa) que es equivalente a una fuerza total de un newton actuando uniformemente en un metro cuadrado.

La unidad de presión del Sistema técnico de unidades, equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura. Es un múltiplo de la unidad columna de agua. Su símbolo es mca.

Su equivalencia es:

1 mca = $0,1 \text{ kg/cm}^2 = 9,81 \text{ kPa}$ (kilopascal)

Red de distribución: Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

Shapefile: Es un almacenamiento de datos vectoriales formato para almacenar la ubicación, forma y atributos de elementos geográficos.

Sistemas de acueducto: Conjunto de sistemas acoplados, que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que ésta es accesible en la naturaleza, hasta un punto de consumo distante.

Sistemas de información geográfica (SIG): Un Sistema de Información Geográfica es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

Software de modelación: Herramienta computacional con su respectivo manual que ayuda a analizar diferentes condiciones de operación en un sistema de distribución.

Tablas: Es un conjunto de elementos de datos dispuestos en filas y columnas. Cada fila representa un único registro. Cada columna representa un campo del registro. Las filas y columnas se cruzan para formar las células, que contienen un valor específico para un campo de un registro.

Tipos de tubería: Existen varios tipos de tubería, que para nuestro caso se utilizan las siguientes:

- Tubería en concreto.
- Tubería en asbesto-cemento.
- Tubería de hierro forjado (HF).
- Tubería de hierro galvanizado (HG).
- Tubería de hierro dúctil (HD).
- Tubería PVC (Policloruro de vinilo).
- Tubería Polietileno de alta densidad (PEAD).

Tuberías: Es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos.

Válvula: Es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

2 RESUMEN

Debido a que Dosquebradas es un municipio que en su mayoría industrial y tiene proyecciones de crecimiento, la empresa prestadora de servicios públicos, Serviudad ESP, que es la que abastece de agua potable al municipio; desea contar con una base de datos de fácil manejo y prestar un servicio más eficiente. Para esto se tuvo la necesidad de modelar la red de acueducto mediante un software y cuyos resultados se montaron en un sistema de información geográfico, el cual permite conocer la capacidad de servicio, como presión del agua, con que esta empresa cuenta en determinada zona dentro del casco urbano.

3 INTRODUCCIÓN

El proyecto “**DIAGNOSTICO Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LAS REDES MATRICES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS**”, consiste en mostrar de manera práctica el catastro de las redes basadas en sistemas de información geográfica, así como también, las dimensiones y ubicación de cada una de las tuberías, válvulas, reducciones, tanques, nodos e hidrantes contenidos en las redes mayores a 6 pulgadas.

El proyecto fue realizado con la ayuda de la empresa prestadora de servicios públicos, Serviudad ESP, la cual es la que abastece a este municipio de agua potable. Este proyecto va a permitir a Serviudad ESP mejorar el servicio, teniendo acceso inmediato de la información, por ejemplo, tipo de tubería, diámetro, presión, cota, ubicación, etc. en cualquier sitio en toda el área urbana del municipio.

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El afán de independencia como municipio ha dado lugar a la necesidad de tener un inventario de la totalidad de las redes de acueducto, el cual se encuentra desactualizado en gran parte del casco urbano. Las pocas actualizaciones que se han realizado al catastro de las redes de acueductos es debido a que en las nuevas construcciones se encuentran con tuberías no inventariadas o en una localización diferente a lo referenciado en los catastros anteriores.

Una de las obras más importantes que ha contribuido a la actualización del catastro de las redes de acueducto ha sido la adecuación de la Avenida Simón Bolívar por las obras del Megabus.

Sumado a lo anterior, surge la necesidad de detallar las presiones de agua en cada una de las zonas del casco urbano de Dosquebradas, para así conocer los puntos de bajas y altas presiones y, obtenidos estos puntos hacer una zonificación de presiones y saber con qué presión de agua se cuenta en un lugar específico del municipio.

4.1 FORMULACIÓN

- ¿Se encuentran definidos y georeferenciados los puntos de alta y baja presión de la red de acueducto del municipio de Dosquebradas?

5 JUSTIFICACIÓN

Para una empresa de servicios públicos el activo máspreciado son los clientes que están conectados a las redes que dicha empresa administra, por lo cual, se presenta la necesidad de conocer de manera precisa y ordenada la distribución de estos, en otras palabras, realizar el catastro de la red de distribución dentro del área urbana del municipio de Dosquebradas.

El catastro de redes se elabora con el fin de analizar el estado actual de la red de acueducto para realizar planes de mejora, optimización y ampliación del servicio. Sirve para conocer a ciencia cierta los parámetros de diseño de las redes, la profundidad, el diámetro, el servicio, y tener asociados los anteriores parámetros a un plano digital del municipio, mediante el sistema de información geográfico (SIG). Lo anterior suministra las herramientas adecuadas para analizar la posibilidad de ampliación de las redes o rehabilitación de las mismas.

Se elabora un inventario detallado de todos los elementos que constituyen las redes de acueducto del municipio Dosquebradas, conociendo así su estado, ubicación y características físicas.

A partir del desarrollo de este proyecto la empresa Serviciudad ESP contará con una base de datos actualizada, sistematizada y real, que podrá utilizar para tomar decisiones.

6 OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar y determinar los puntos críticos de presión y suministro de la red de acueducto del municipio de Dosquebradas, Risaralda, mediante un software especializado en modelaciones e implementar una base de datos alfanumérica en el programa ArcGIS

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Actualizar el Catastro de las redes matrices de acueducto mayores a 6 pulgadas de diámetro.
- Desarrollar el sistema de información geográfica en la empresa Serviciudad E.S.P., determinando los atributos de la red de acueducto; diámetro, tipo de tubería, estado, presión y longitud.
- Definir los tramos problema y puntos de alta y baja presión de la red de acueducto con diámetros mayores a 6 pulgadas.

7 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objeto de estudio, diagnosticar y actualizar el catastro de las redes matrices de acueducto, con tuberías de diámetros mayores a 6 pulgadas en el área urbana del municipio de Dosquebradas.

8 MARCO DE REFERENCIA

8.1 MARCO DE ANTECEDENTES LOCAL

Dosquebradas fue fundada como caserío en 1.844, perteneciendo en ese entonces al Municipio de Santa Rosa, luego es instituido como corregimiento, en noviembre de 1.959; finalmente, el 6 de diciembre de 1.972 mediante ordenanza 012 de la Asamblea Departamental de Risaralda, se erige como Municipio.

El surgimiento como municipio ha sido posible por la preexistencia de un contexto urbano próximo, por las circunstancias particulares de su ubicación topográfica favorable para la construcción, estar en el camino de los ejes económicos de relevancia nacional como el ferrocarril y la arteria vial del occidente, lo que atrajo industrias importantes como comestibles la Rosa y Tejidos Omnes establecidas en 1.948 y 1.950 respectivamente.¹

El establecimiento en Dosquebradas de nuevas industrias origina los movimientos migratorios tanto del sector rural al centro del corregimiento, como también de otras regiones que veían en Dosquebradas una oportunidad para sus proyectos de vida.

El continuo confluir de población interna y foránea, sumada a la necesidad de y una comunidad Pereirana que veía en Dosquebradas la posibilidad de adquisición de vivienda, la llevo a un acelerado crecimiento poblacional; es así como Dosquebradas en 1972 con una población aproximada de 48.000 habitantes pasó en 1.997, a registrar un censo de aproximadamente 177.000 habitantes²,

¹ Archivo de la empresa de servicios públicos de Dosquebradas (Serviciudad)

² Fuente: DANE

alcanzando en este periodo un índice de crecimiento de 6.1%. Este hecho motivó la construcción de numerosos asentamientos, ubicados sin ninguna interacción funcional entre ellos. Es así como aún el casco urbano de Dosquebradas no ha desarrollado plenamente las condiciones propias de ciudad, a pesar de contar con una considerable población, que resuelve muchas de sus necesidades en su vecino Pereira, incluso en materia de servicios públicos.

8.1.1 Descripción general del municipio de Dosquebradas

- **Localización:**

El Municipio se encuentra ubicado sobre la vertiente occidental de la Cordillera Central, entre las coordenadas: 4° 45' - 4° 51' latitud norte y 75° 30' - 75° 45' Longitud Oeste.

- **Limites:**

Los límites generales del municipio son los siguientes: por el Norte con los municipios de Marsella y Santa Rosa de Cabal, por el Sur y el Oeste con el municipio de Pereira y por el Este con el municipio de Santa Rosa de Cabal.

- **Población:**

La población estimada para el 2009 es de 187.153

- **Clima:**

Por la localización geográfica de la municipalidad de Dosquebradas, se presenta un clima con comportamiento “vi modal”, dentro del cual se destacan dos periodos húmedos (lluviosos) y dos semi-secos, con las variaciones a que naturalmente se somete por efecto del fenómeno ENSO –Conocido como El Niño en su fase cálida y la Niña en su fase fría.

De acuerdo con los pronósticos y alertas del Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales IDEAM, los pronósticos de precipitación de Dosquebradas están por encima de lo normal, en 10.9 milímetros³. Temperatura media: 21° – 22 °

- **Geografía:**

El municipio de Dosquebradas cuenta con un área de 70.8m² y una altura promedio de 1400msnm. Se encuentra ubicado en el sistema montañoso de la cordillera central entre los cerros Alto del Nudo, El Toro, el sistema de Boquerón y el río Otún, zona de gran actividad económica por ser la única vía de comunicación entre el centro, occidente y sur del país.⁴

- **Hidrología:**

Cuenta con 32 quebradas, 10 son principales, destacándose entre estas la Quebrada Dosquebradas, La Víbora y Los Frailes

8.2 ESTUDIOS PREVIOS DE LA REGIÓN:

- Trabajo de grado: “Fortalecimiento administrativo de los acueductos rurales de las veredas Yarumal, Canceles y la Bananera del municipio de Pereira, departamento de Risaralda. Autores: Carlos Alberto Sánchez Escobar y Carlos Eduardo Felipe López Acosta, 2009.”

³ Decreto 255 del 3 de mayo de 2006. Alcaldía municipal de Dosquebradas

⁴Decreto 255 del 3 de mayo de 2006. Alcaldía municipal de Dosquebradas

8.3 MARCO TEÓRICO:

- **Cartografía básica y temática:**

La cartografía es la ciencia que se encarga del estudio y de la elaboración de los mapas.

La cartografía básica, (mapa topográfico) se utiliza para representar áreas del terreno que muestran los elementos naturales (curvas de nivel, aguas, red hídrica), elementos artificiales, humanos o culturales, como son las redes de transporte y los centros poblados. También muestran fronteras políticas, como pueden ser los límites de las ciudades, de los municipios o de los departamentos. Los mapas topográficos, debido a la gran cantidad de información que representan, se utilizan a menudo como mapas generales de consulta.

La Cartografía temática, es la rama de la cartografía que es utilizada por otras ciencias para representar gráficamente, sobre un plano, los objetos y fenómenos del universo.

La finalidad de la cartografía temática es entonces la misma que la de la cartografía en general; representar a través de actividades técnicas, científicas, tecnológicas y artísticas, el mundo real; los fenómenos y los objetos del universo sobre un plano; pero varía de esta en cuanto a que busca resaltar un objeto o un fenómeno específico que caracteriza a una determinada rama de la ciencia. Para tal efecto se hace uso de diversas herramientas denominadas variables visuales, para representar, distinguir, manejar y espacializar aquellos objetos y fenómenos que deben reflejarse en el plano; las variables visuales son: Forma, Color, Orientación, Grano, Valor y Talla, su utilización está de acuerdo al nivel de organización de la información contenida

(cualitativa, ordenada, cuantitativa) y el tipo de implantación gráfica de la información en el plano (es decir en dos dimensiones)⁵

- **Topografía:**

La topografía es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre. En otras palabras, la topografía estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. Ejecuta también replanteos sobre el terreno (trazos sobre el terreno) para la realización de diversas obras de ingeniería, a partir de las condiciones del proyecto establecidas sobre un plano. Realiza también trabajos de deslinde, división de tierras, catastro rural y urbano, así como levantamientos y replanteos o trazos en trabajos subterráneos.

Para practicar la topografía es necesario tener conocimientos de matemáticas en general, así como un adiestramiento adecuado sobre el manejo de instrumentos para hacer mediciones. Para comprender mejor esta ciencia y para profundizar en ella, es necesario poseer también conocimientos de física, cosmografía, astronomía, geología y otras ciencias.

La topografía está en estrecha relación con dos ciencias en especial: la geodesia y la cartografía. La primera se encarga de determinar la forma y dimensiones de la Tierra y la segunda de la representación gráfica, sobre una carta o mapa, de una parte de la Tierra o de toda ella.⁶

⁵ Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt www.humboldt.org.co, 2010

⁶ VALENCIA V, Aymer Delio, Curso de topografía para ingenieros, Pereira:2002

- **EPANET:**

EPANET es un programa de ordenador de libre distribución, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA, por sus siglas en inglés), que realiza simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses

EPANET permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión en los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos, y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución, durante un período prolongado de simulación. Además de las concentraciones, permite también determinar los tiempos de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación.

EPANET ha sido diseñado como una herramienta de investigación para mejorar el conocimiento del movimiento y evolución de los componentes del agua en el interior de los sistemas de distribución. El módulo de calidad del agua de EPANET permite modelar fenómenos tales como la reacción de los componentes del agua, la reacción con las paredes de las tuberías, y el transporte de masa entre las paredes y el fluido trasegado.

El programa EPANET es un simulador dinámico en período extendido para redes hidráulicas a presión compuesto por:

- Un módulo de análisis hidráulico que permite simular el comportamiento dinámico de la red bajo determinadas leyes de operación. Admite tuberías (tres opciones para el cálculo de las pérdidas), bombas de velocidad fija y

variable, válvulas de estrangulación, reductoras, sostenedoras, controladoras de caudal, rotura de carga, depósitos de nivel fijo o variables, leyes de control temporales o por consignas de presión o nivel, curvas de modulación, etc.

- Un módulo para el seguimiento de la calidad del agua a través de la red. Admite contaminantes reactivos y no reactivos, cálculo de concentraciones, procedencias y tiempos de permanencia.

Otra característica distintiva de EPANET, es la coordinación entre la modelización del comportamiento hidráulico de la red y de la calidad del agua. El programa se ha concebido para obtener simultáneamente la solución de ambos problemas. Sin embargo, como alternativa, puede también calcular solamente la parte hidráulica y almacenar los resultados en un fichero, o utilizar un fichero hidráulico previamente almacenado, para llevar a cabo una simulación de la calidad del agua.

EPANET puede utilizarse para muchas aplicaciones diferentes en el análisis de los sistemas de distribución. Por citar algunos ejemplos, mencionaremos el diseño de componentes de una red por prueba y corrección, la calibración de un modelo, el análisis del cloro residual, o la estimación del tiempo de exposición de un abonado a un cierto contaminante.

El programa cuenta con las siguientes prestaciones adicionales:

- Visualización de resultados numéricos o codificados en colores sobre el esquema de la red.
- Tablas de resultados numéricos para estados instantáneos o evoluciones, con búsquedas selectivas.

- Gráficas de evolución de presiones, caudales, concentraciones, etc.
- Posibilidad de abrir varias ventanas simultáneamente para comparar resultados.⁷
- **Sistemas de información geográfica:**

Un SIG, es un grupo de procedimientos utilizados para almacenar y manipular los datos referenciados geográficamente, ya sea en forma manual o basada en el computador.⁸

Los SIG que hacen relación a sus capacidades y funciones, son los de un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión⁹.

Así mismo un SIG puede definirse como un sistema computarizado que permite la recolección, entrada, almacenamiento, manipulación, análisis, representación y salida eficiente de datos espaciales y no espaciales, de acuerdo con especificaciones y requerimientos concretos planteados por usuarios dentro de un contexto de toma de decisiones.

No existe una definición última, pero si puede afirmarse que los SIG se diferencian de otros sistemas computarizados o sistematizados, porque

⁷ U.S EPA. (8 de 08 de 2008). *U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY*. Recuperado el 14 de 10 de 2009, de www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html

⁸ ARONOFF, STAN. *Geographic Information System: A Management Perspective* 1989. WDL Publications. Ottawa, Canada.

⁹ NCGIA. 1990. *Introduction to GIS*, Santa Bárbara, Cal.

involucran la noción de procesamiento de datos espaciales asociados con un procesamiento de datos no espaciales. Además se consideran como tecnología de integración, ya que mientras otras pueden ser utilizadas solo para analizar imágenes de satélite y modelos estadísticos o para diseñar mapas, el SIG ofrece todas las anteriores capacidades, y adicionalmente el análisis de los datos geográficos dentro de un flujo común, lo que permite la integración de diversas disciplinas.

La principal diferencia de un SIG y la cartografía asistida por computador (CAC), consiste en la habilidad del primero para integrar datos georreferenciados, además de realizar procesos de análisis que se pueden ejecutar sobre ellos para obtener nueva información.

Aunque las salidas obtenidas de un SIG son los mapas, no es su principal objetivo; en cambio sí lo es para el CAC. Otro aspecto importante es que el SIG, a diferencia de la CAC, es una tecnología de integración en la que concurren diversas disciplinas dentro del flujo de una relación multitemática para el desarrollo de proyectos.

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, puede ser utilizada para investigaciones científicas, la gestión de los recursos, gestión de activos, la arqueología, la evaluación del impacto ambiental, la planificación urbana, la cartografía, la sociología, la geografía histórica, el marketing, la logística; por nombrar unos pocos. Por ejemplo, un SIG podría permitir a los grupos de emergencia calcular fácilmente los tiempos de respuesta en caso de un desastre natural, el SIG puede ser usado para encontrar los humedales que necesitan protección contra la contaminación, o pueden ser utilizados por una

empresa para ubicar un nuevo negocio y aprovechar las ventajas de una zona de mercado con escasa competencia.¹⁰

- **SIG en infraestructuras:**

La mayoría de las empresas relacionadas con el abastecimiento y la distribución de aguas usa soluciones basadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG), las cuales constituyen una poderosa herramienta en la gestión del agua de consumo y de las aguas residuales para ofrecer el mejor servicio a particulares y a empresas.

También se puede utilizar la tecnología SIG, para realizar el seguimiento de la ubicación y el estado de la red de cañerías, válvulas, hidrantes, tubería, instalaciones de almacenamiento, red de alcantarillado y pozos. Esta misma tecnología hace más fácil el cumplimiento de las normas que rigen en el país y la evaluación de la información.

Cerca del 80% de la información tratada por instituciones y empresas públicas o privadas tienen en alguna medida relación con datos espaciales, lo que demuestra que la toma de decisiones depende en gran parte de la calidad, exactitud y actualidad de esta información espacial.

- **ARCGIS:**

Es un software GIS para visualizar, crear, manipular y gestionar información geográfica, estos corresponden a lugares, direcciones, posiciones en terreno, áreas urbanas y rurales; regiones y cualquier tipo de ubicaciones en terrenos

¹⁰INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, Principios básicos de cartografía temática; ministerio de hacienda y crédito público

determinados. Esta información es trabajada de manera sistémica, lo que representa una diferencia sustancial, a lo relacionado al trabajo con información de planos y mapas, permitiéndonos explorar, ver y analizar los datos según parámetros, relaciones y tendencias que presenta nuestra información, teniendo como resultado nuevas capas de información, mapas y bases de datos actualizadas .

ArcView GIS es el software desktop más usado de los GIS del mundo, porque entrega de una forma fácil el trabajo en datos geográficos. Tiene una interfaz gráfica amigable, en la cual se puede desplegar de manera rápida la información geográfica.

ArcView GIS integra fácilmente todos los tipos de datos para la visualización y el análisis. El software contiene herramientas para una óptima gestión de datos geográficos, para la creación y la organización de un proyecto GIS. ArcView GIS puede trabajar una variedad amplia de datos, tales como: demográficos, catastro, instalaciones, dibujos CAD, imágenes y multimedia. En Arc View GIS se puede importar directamente más de 70 formatos.

ArcEditor es Para la edición y gestión avanzada de información. ArcEditor es parte de la familia ArcGIS, con esta modalidad puedes editar, manipular y gestionar datos de naturaleza geográfica. Tiene toda la funcionalidad de Arcview GIS agregando más herramientas que puedan crear, editar y asegurar el proceso de explotación de datos con una calidad a toda prueba.

ArcEditor está hecho para soportar la edición tanto desde múltiples editores como de un sólo editor de datos geográficos. Tiene amplio y variado conjunto de herramientas para trabajar la gráfica y la data alfanumérica.

Con ArcEditor, podrá :

- Automatizar el control de calidad.
- Diseñar mejores bases de datos geográficas.
- Modelar flujos de trabajo multiusuario.
- Generar y editar entidades gráficas geográficas mediante edición visual.
- Crear y editar elementos de estudio.
- Diseñar planes de edición, validación y guardar la información tratada.
- Administrar y explorar redes geométricas.
- Mejorar el rendimiento de la edición.
- Desconectar de la base de datos y realizar edición en trabajos de campo.

ArcEditor se utiliza para trabajar con información compleja. El amplio número de herramientas y los diferentes procesos de trabajo con que cuenta, permiten generar y mantener la información geográfica de manera sencilla y eficiente.

- **Catastro de redes**

El catastro de la red de distribución de agua potable es un sistema de registro y archivo de información técnica estandarizada (fichas, planos, etc.) y está relacionada con todos los detalles técnicos de ubicación de tuberías, diámetros, válvulas, hidrantes y todo otro complemento o accesorio importante que se tenga incorporado o haga parte de las redes.¹¹

¹¹ Catastro de redes, Publicación de William Carrasco, Dubán Obando

9 MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Este proyecto se registrará bajo las siguientes normas y reglamentaciones:

- Reglamento técnico de la empresa prestadora de servicios públicos del municipio de Dosquebradas, Serviciudad. (Anexo A, digital)
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2000. (Anexo B, digital)
- Leyes, decretos y legislación pertinente:
 - Ley 09 de 1979, por la cual se expide el Código Sanitario. (Anexo C)
 - Ley 373 de 1997, sobre ahorro y uso eficiente del agua. (Anexo D)
 - Ley 388 de 1997, sobre Planes de Ordenamiento Territorial. (Anexo E)
 - Ley 142 de 1994, por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios. (Anexo F)
 - Decreto 475 de 1998, del Ministerio de Salud Pública y de Desarrollo Económico, por el cual se expiden las Normas sobre la calidad del agua potable. (Anexo G)

10 RECURSOS DISPONIBLES

Para la realización del proyecto “**DIAGNOSTICO Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS**” se requieren diferentes recursos, los cuales serán proporcionados, la universidad Libre, por la empresa Serviudad E.S.P. y por los tesistas

10.1 RECURSOS FÍSICOS:

- Bases de datos de la Empresa Serviudad ESP.
- Computadores
- Impresoras
- Programas (EPANET 2.0, ArcGis 9.2)

10.2 RECURSOS FINANCIEROS:

(Ver anexo I)

11 MARCO METODOLÓGICO

El proyecto “**DIAGNOSTICO Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LAS REDES MATRICES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DOSQUEBRADAS RISARALDA**” contiene varios pasos importantes para su desarrollo.

11.1 FASES

- Se estudiaron los planos existentes del municipio de Dosquebradas donde estaban contenidas las redes de acueducto.
- Se Identificaron las redes de acueducto comprendidas en el objeto de estudio del proyecto.
- Se hizo la recolección de la información de todos los elementos para modelar y analizar mediante el software EPANET.
- En la última fase, se creó una base de datos y se generó un sistema de información geográfico por medio del programa ArcGis.

12 DESARROLLO METODOLÓGICO

En el siguiente grafico se puede ver un esquema general del desarrollo metodológico del proyecto “Diagnóstico y actualización del catastro de las redes matrices de acueducto del municipio Dosquebradas Risaralda”

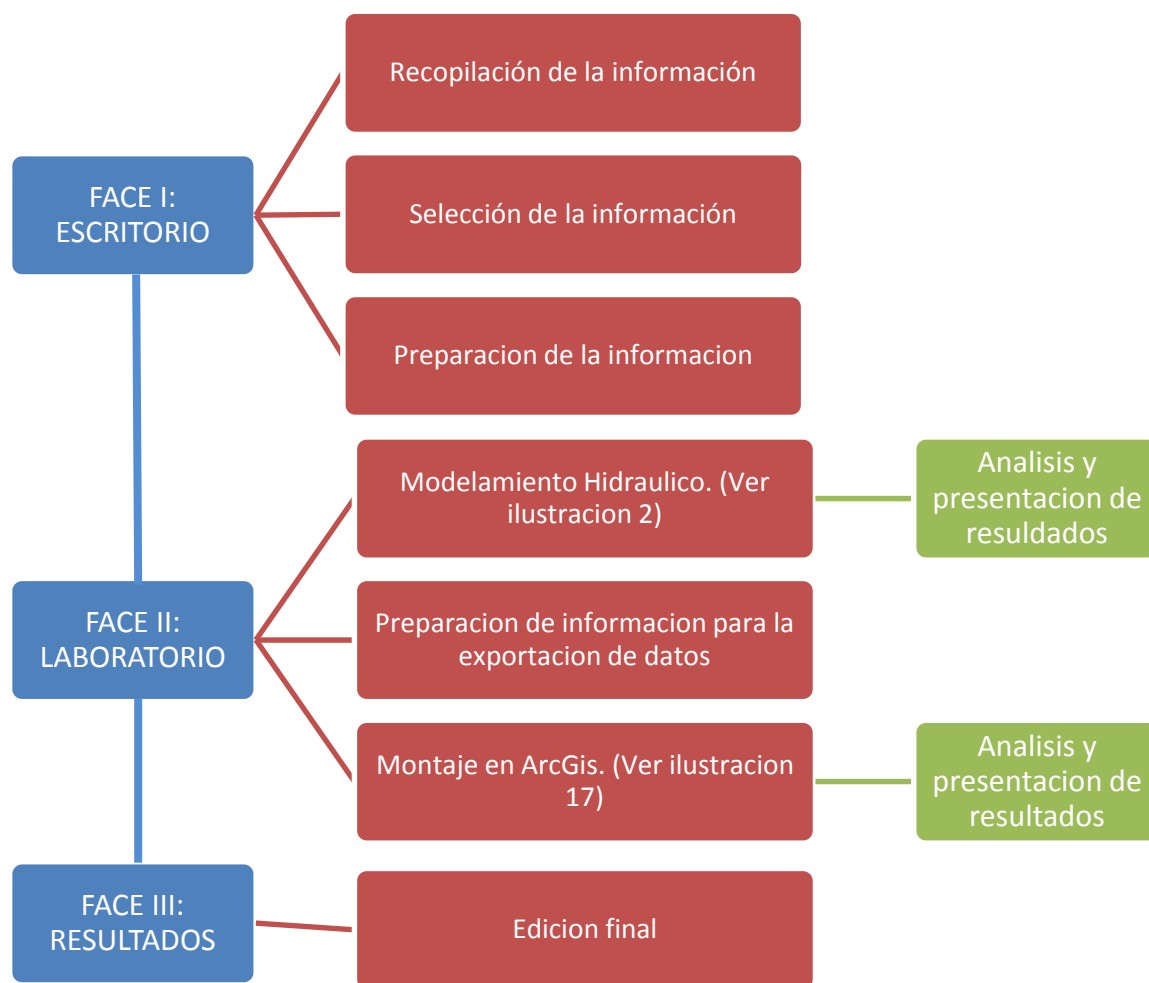


Ilustración 1. Flujograma General

12.1 MODELAMIENTO HIDRÁULICO

En esta sección se explica, paso a paso, la modelación de la red matriz del acueducto del municipio de Dosquebradas en el programa EPANET 2.0

12.1.1 Flujograma:

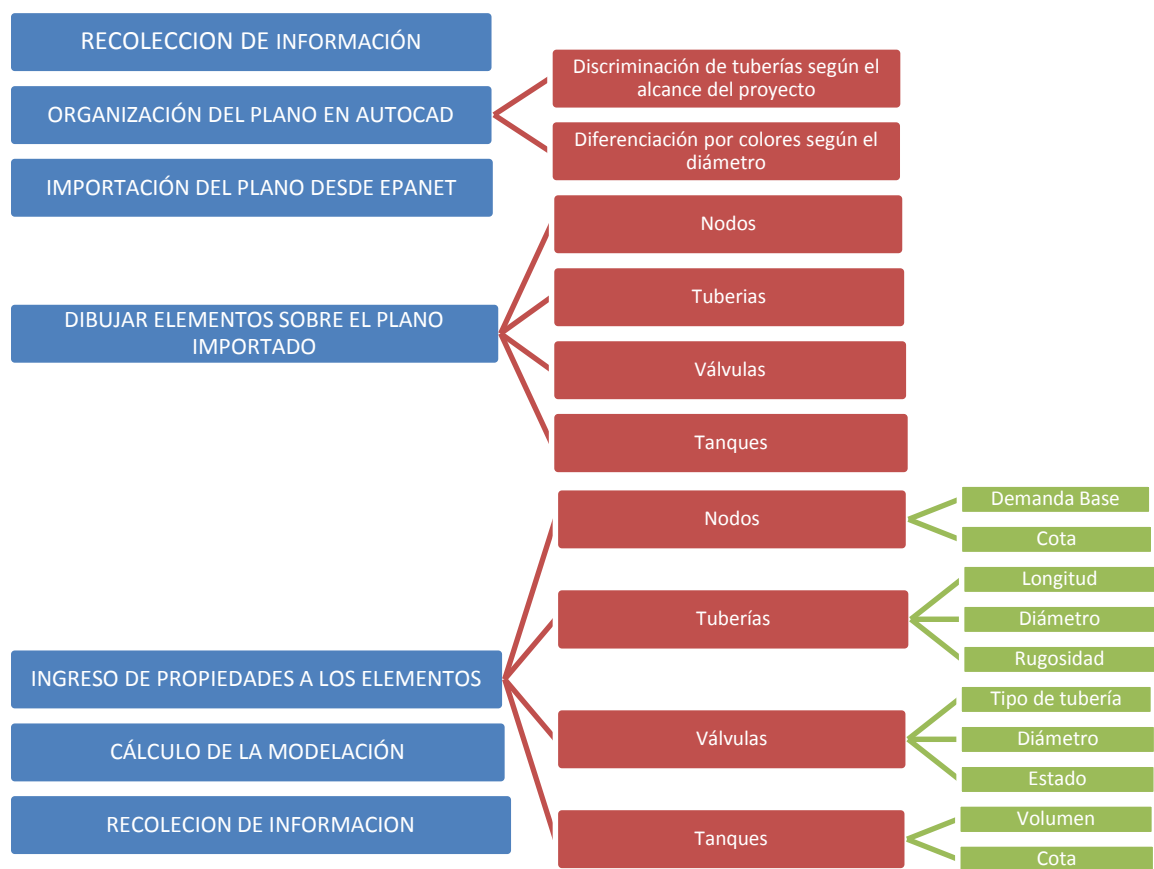


Ilustración 2. Flujograma de EPANET.

12.1.2 Procedimiento Metodológico:

El proyecto “**DIAGNOSTICO Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LAS REDES MATRICES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DOSQUEBRADAS RISARALDA**” se realizó en tres fases o etapas. La primera etapa es el estudio de la documentación entregada por la empresa prestadora de servicios públicos Serviciudad ESP, la segunda etapa consiste en la modulación de la red matriz del sistema de acueducto en el programa EPANET. La tercera etapa o fase del proyecto, es montar los datos obtenidos por la modulación, a un sistema de información geográfica.

La empresa prestadora de servicios públicos, Serviciudad ESP, suministró un paquete de información digital, el cual contenía planos, documentación sobre el plan maestro de acueducto y grandes consumidores. Luego de estudiar esta documentación se decidió no utilizar la información contenida en el plan maestro de acueducto, puesto que sus datos estadísticos y proyecciones estaban muy desfasados de la realidad, por eso se decidió buscar datos más reales en el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)

De los planos suministrados por la empresa de servicios públicos, Serviciudad, se escogió para trabajar el más actualizado. En este plano, perteneciente al año 2006, se discriminan las tuberías mayores a 6” y se delimitan las comunas del municipio y algunos puntos de fácil ubicación para trasladarlo a EPANET.

Se organiza el plano en Autocad discriminando las tuberías mayores a 6 pulgadas. El plano se debe guardar como “Metarchivo” para luego importarlo a EPANET. Se dibuja sobre el mapa importado todas las líneas, nodos, hidrantes, válvulas, reducciones y tanques allí presentes.

Del plano de Autocad se sacan las longitudes de tuberías, cotas de elevación, medidas de los tanques para la obtención de volúmenes y la ubicación de los hidrantes. Estos datos son subidos como propiedades de los diferentes elementos que conforman la modelación.

Como no se tuvo en cuenta las estadísticas de población contenidas en el Plan Maestro de Acueducto, debido a que estaban alejadas de la realidad y para tener datos precisos de las demandas base de consumo, contamos en el plano de Dosquebradas las viviendas que un nodo abastece. Según datos del DANE, al año 2009, los habitantes por vivienda en este municipio son 3,9 y el consumo por habitante por día es de 220 litros¹². El producto del número de casas, el número de habitantes por vivienda y el consumo por habitante por día, es la demanda base del nodo. Este dato también se registra en las propiedades de los nodos.

$$Demanda\ base = 220 \frac{L}{hab \cdot dia} * 3.9 \frac{hab}{vivienda} * \frac{1\ dia}{86400\ seg} * \# \text{ viviendas}$$

Ejemplo: demanda base para el nodo #4:

$$Demanda\ base\ por\ vivienda = 220 \frac{L}{hab \cdot dia} * 3.9 \frac{hab}{vivienda} * \frac{1\ dia}{86400\ s} = 0.01 \frac{L}{s * vivienda}$$

$$Demanda\ base\ nodo\ 4 = 0.01 \frac{L}{s * vivienda} * 241 \text{ viviendas} = 2.41 \frac{L}{s}$$

¹² Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2000 sección 1 título A. aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico

Los tanques en EPANET se manejan en diámetros, por consiguiente, los tanques rectangulares deben tener un diámetro equivalente para igualar la capacidad

$$diámetro = \sqrt{\frac{4 \pi}{Area}}$$

Luego de insertar cada una de las propiedades, se procede a realizar una curva de modelación. la cual permite ver la variación del flujo en el sistema de acueducto en un lapso de 72 horas (Ver ilustración 3); para este proyecto esta curva debe basarse en una serie de datos tomados desde el embalse principal con la ayuda de un macromedidor. Lastimosamente la empresa Serviciudad no cuenta con este equipo en ninguno de los tanques, para lo cual se realizó una grafica según nuestro criterio y con el visto bueno Serviciudad ESP. (Ver ilustración 4)

Opciones de Tiempo	
Propiedad	Hr:Min
Duración Total	72:00
Intervalo Cálculo Hidráulico	1:00
Intervalo Cálculo Calidad	0:05
Intervalo Curvas Modulación	1:00
Hora Inicio Curvas Modulación	0:00
Intervalo Resultados	1:00
Hora Inicio Resultados	0:00
Hora Real Inicio Simulación	00:00
Estadísticas	Ninguna

Ilustración 3. Opciones de tiempo.

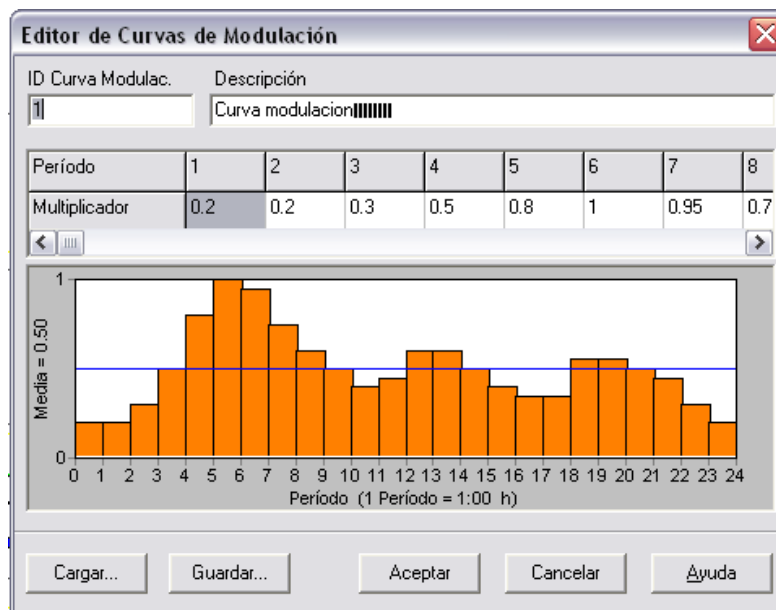


Ilustración 4. Editor de curvas de modelación.

12.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En este capítulo se describen los distintos modos en que pueden visualizarse los resultados del análisis, así como también los datos básicos que figuran en la red. Entre los sistemas de visualización ofrecidos se encuentran los mapas, los gráficos de evolución, las tablas numéricas y los informes especiales.

12.2.1 Esquema de la red

Esta gráfica muestra el esquema de la red, los nodos y las tuberías establecidos respectivamente por puntos y líneas coloreados en una escala que va del azul al rojo; representados en color rojo los valores más altos y en azul los valores más bajos. El esquema muestra los puntos coloreados según las presiones y las tuberías según los diámetros.

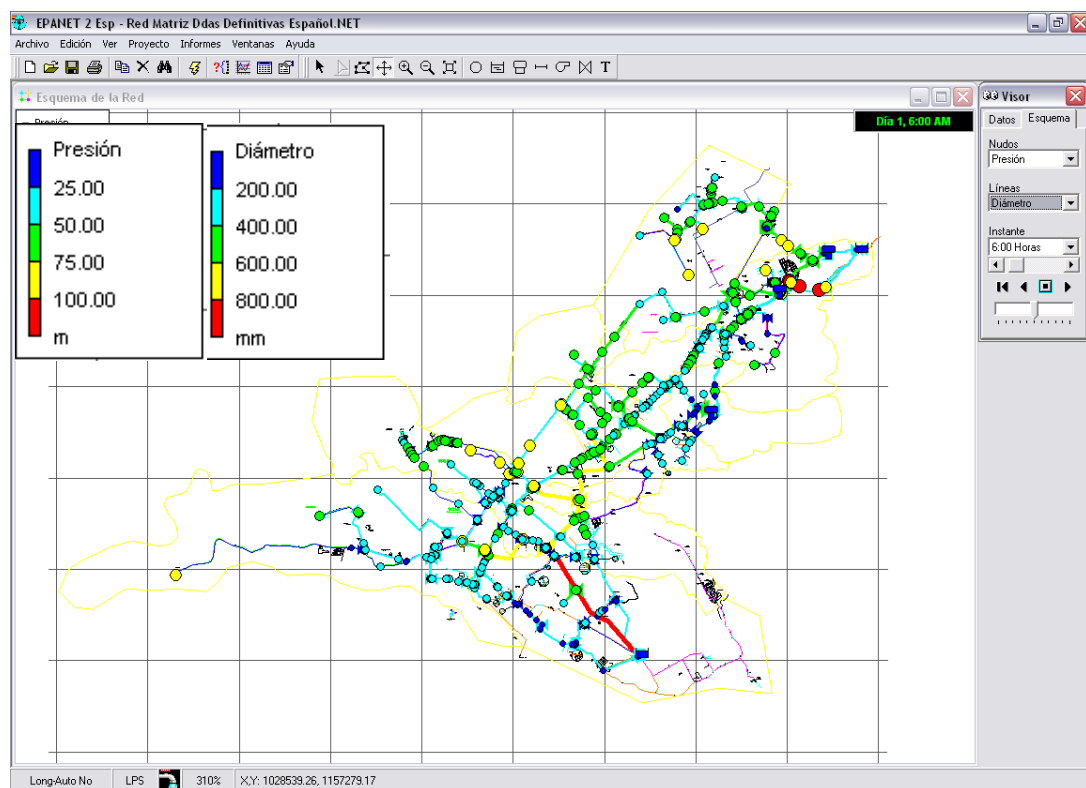


Ilustración 5. Esquema de la red.

12.2.2 El Visor de Datos

El visor de datos permite acceder a los diferentes objetos pertenecientes a la red, clasificados por categorías (Nodos de Caudal, Tuberías, etc.) (Ver ilustración 6)

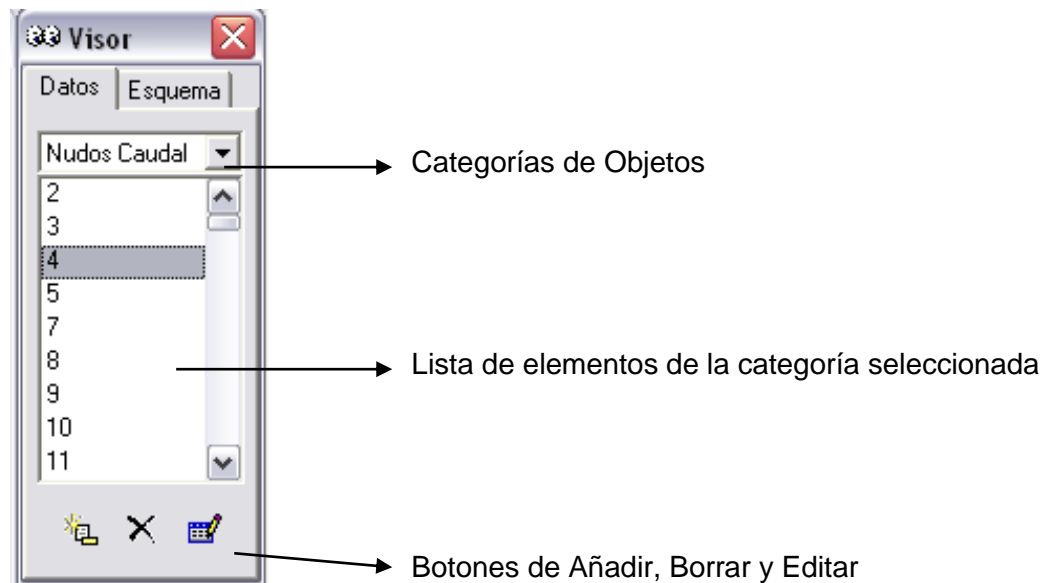


Ilustración 6. Visor de datos.

12.2.3 El Visor del Esquema

El visor de esquema permite seleccionar las magnitudes, que en función del tiempo permiten visualizar mediante códigos de colores sobre el esquema de la red. También contiene los controles que permiten ver los resultados mediante modelación animada (Ver ilustración 7).

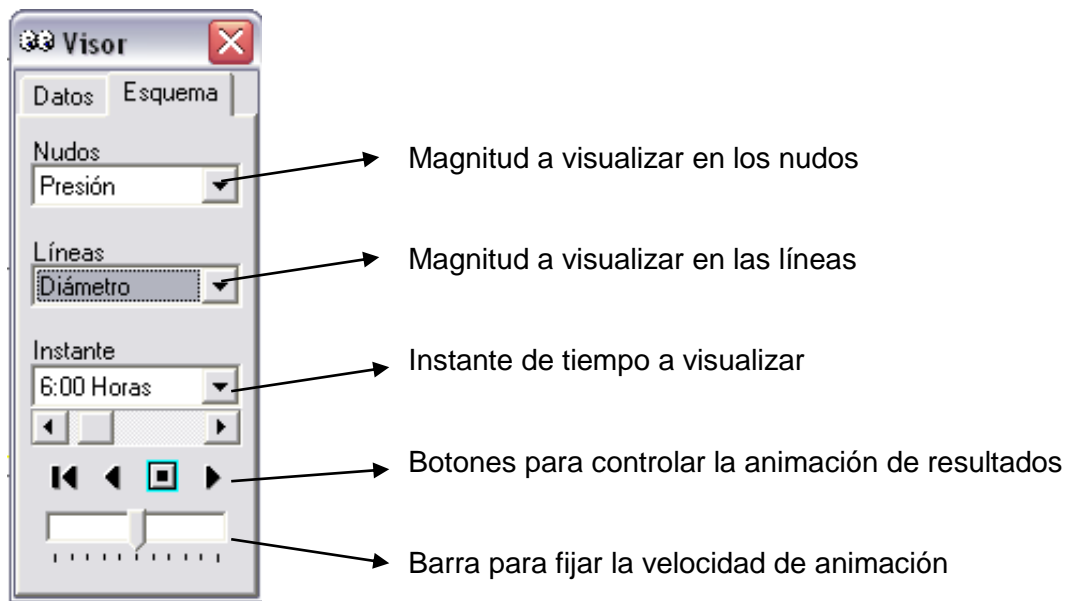


Ilustración 7. Visor del esquema.

Como resultado se obtiene una serie informes tales como: resumen del proyecto estado del sistema de energía, gráficos, tablas, perfiles de comportamiento de presión, mapas de isolínea de presiones, de alturas; en fin, una variedad de esquemas e informes detallados de los componentes del sistema de la red de acueducto.

12.2.4 Informes especiales.

12.2.4.1 Resumen del proyecto:

Este informe, llamado Resumen del proyecto, muestra el inventario de los elementos existentes en la modelación de la red. (Ver ilustracion8).

Resumen del Proyecto

Título

☒ Utilizar como cabecera para salidas impresas

Notas

Estadísticas

Número de Nudos Caudal	607
Número de Embalses	2
Número de Depósitos	3
Número de Tuberías	509
Número de Bombas	0
Número de Válvulas	131
Unidades de Caudal	LPS

Aceptar

Ilustración 8. Resumen del proyecto.

12.2.4.2 Informe de Estado.

Este informe muestra el periodo de análisis de la modelación, y a la vez indica si hay errores o no.

Informe de Estado

Página 1 Mon Jun 07 14:05:11 2010

```

*****
*                               *
*               E P A N E T      *
*      Análisis Hidráulico y de Calidad      *
*      para Redes de Distribución de Agua    *
*               Version 2.0          *
*                               *
* Trad.español: Grupo IDMH,UPV      Financ: G. Aguas de Valencia *
*****

Día y hora de comienzo del análisis: Mon Jun 07 14:05:11 2010

Día y hora de finalización del análisis: Mon Jun 07 14:05:11 2010

```

Ilustración 9. Informe de estado.

12.2.4.3 Informe de Energía.

En este informe se muestra la energía utilizada por las bombas presentes en el sistema. En este caso no existen bombas en la red, por lo tanto no se tiene información.

12.2.5 Presentación de los Resultados mediante Gráficas.

Los resultados del análisis, así como ciertos parámetros de diseño, pueden visualizarse utilizando diferentes tipos de gráficas. Para observar los valores de un parámetro determinado se dispone de los siguientes tipos de gráficas:

12.2.5.1 Curva de evolución.

Esta curva presenta la evolución de una magnitud con el tiempo. Esta gráfica puede ser aplicada a nodos o líneas específicos; para todo el periodo de simulación.

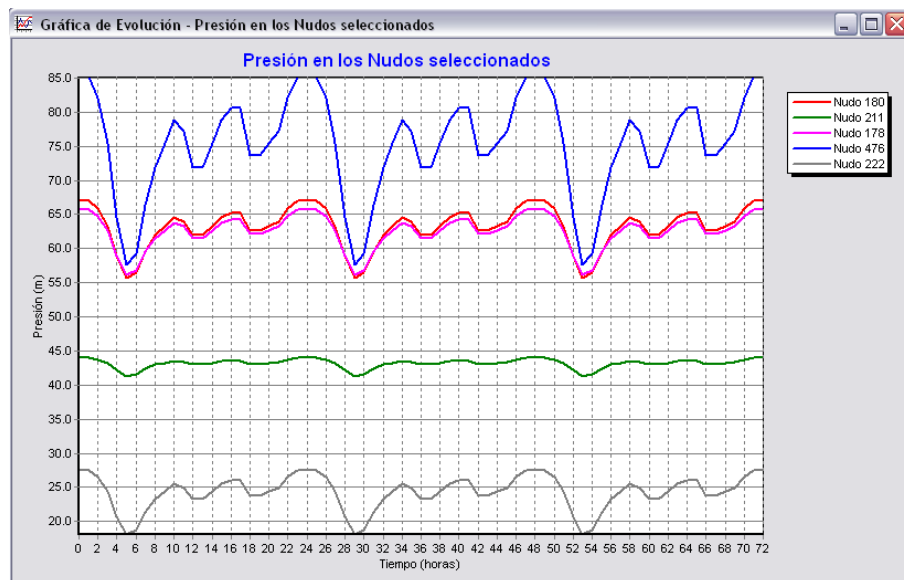


Ilustración 10. Gráfica de evolución de presiones en varios nodos de la red.

12.2.5.2 Perfil Longitudinal.

Esta gráfica representa la variación de una magnitud con la distancia; se aplica a una lista de nudos para un instante dado.

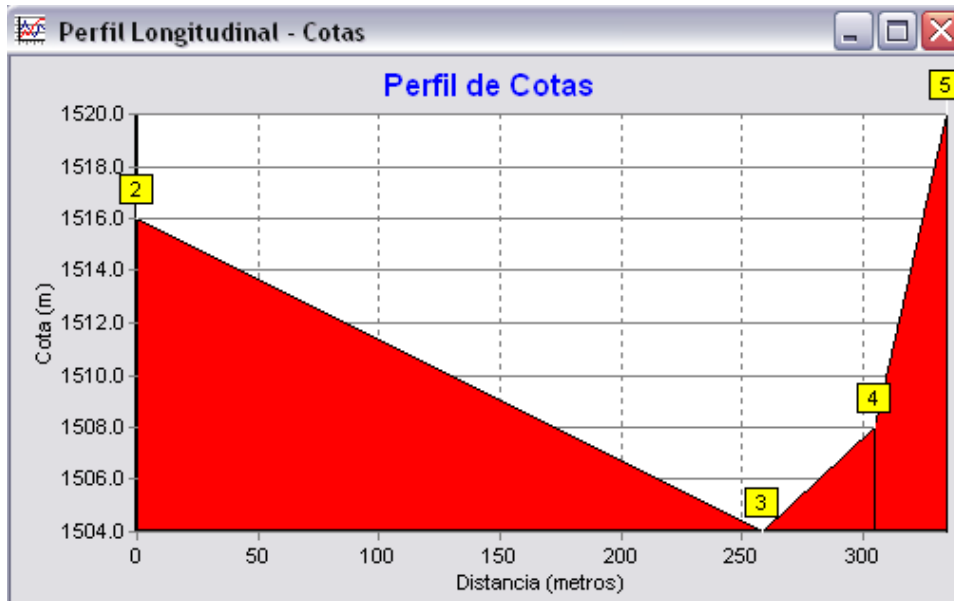


Ilustración 11. Perfil longitudinal.

12.2.5.3 Mapa de Isolíneas.

Muestra las regiones del espacio en las cuales el valor de la magnitud queda dentro de ciertos intervalos, es aplicable a todos los nudos para un instante dado. (Ver ilustración 12)



Ilustración 12. Mapa de isolíneas de presiones.

12.2.5.4 Curva de distribución.

La curva de distribución representa la fracción de elementos de la red, cuya magnitud asociada es igual o inferior a un valor. Este aplica en todos los nudos o líneas, para un instante dado.

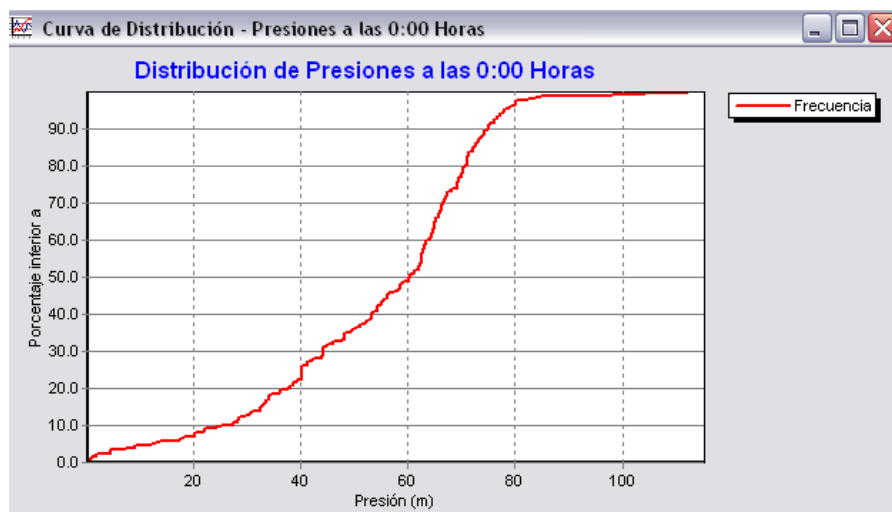


Ilustración 13. Curva de distribución de presiones.

12.2.5.5 Balance de caudales.

Aquí se representa la variación de la producción y del consumo total del sistema frente al tiempo; esta grafica es aplicable a la demanda de agua para todos los nudos, a lo largo de todo el periodo de simulación.

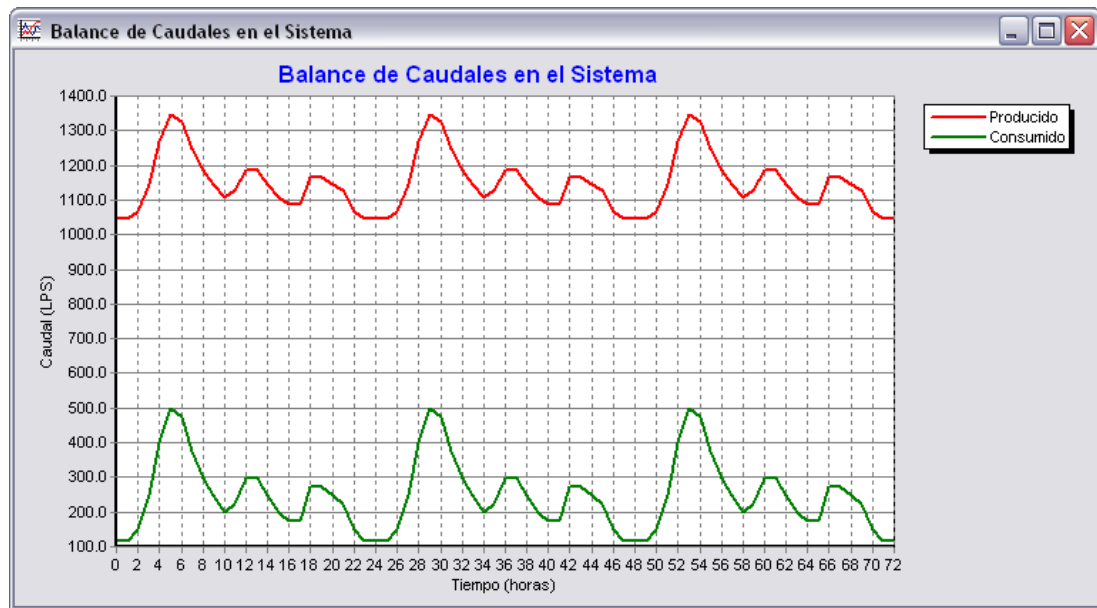


Ilustración 14. Balance de caudales en el sistema.

Para crear una gráfica en el programa EPANET:

- Se debe seleccionar **Informes >> Gráficos** o en la Barra de Menús o pulsar el



botón de la Barra de Herramientas Estándar.

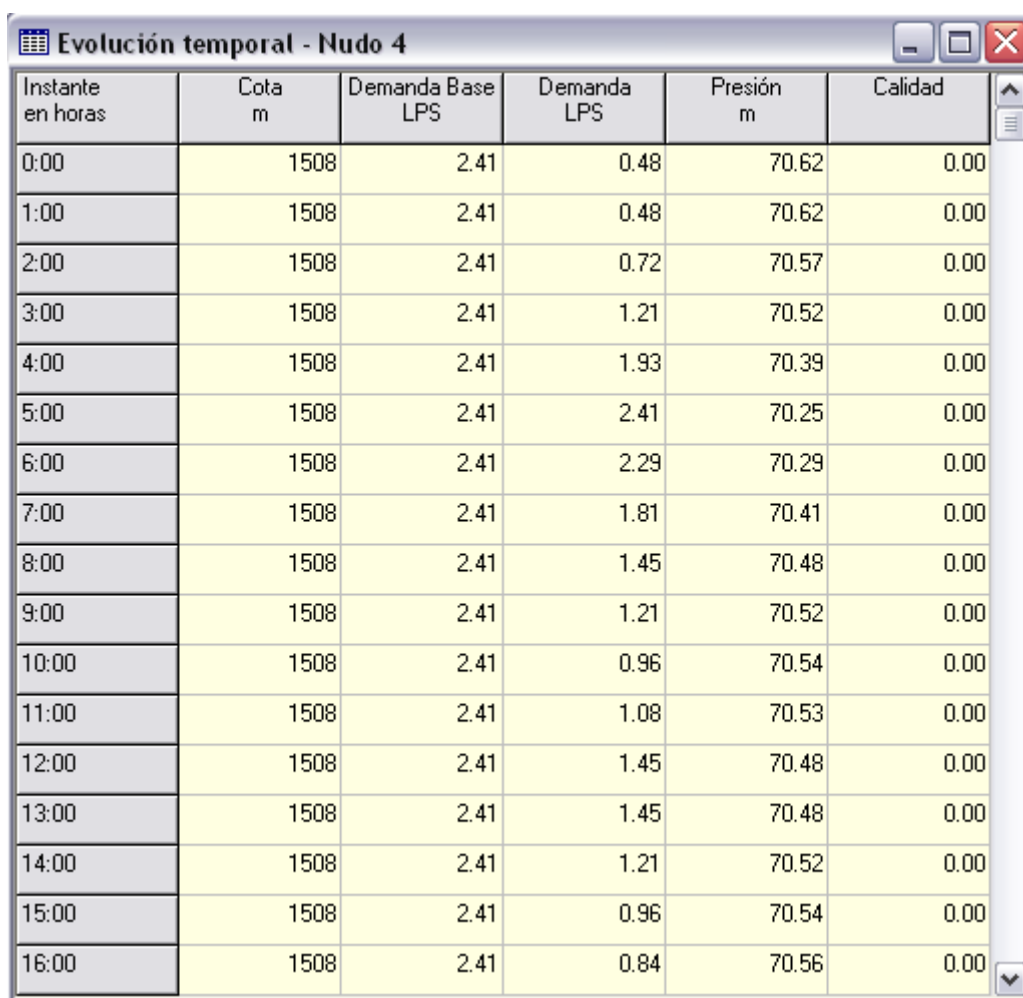
- Rellenar las opciones que corresponda en el diálogo de *Selección de la Gráfica*.
- Pulsar el botón **Aceptar** para generar el gráfico.

12.2.6 Presentación de Tablas.

Las siguientes tablas permiten ver ciertos datos del proyecto y los resultados del análisis realizado por el programa EPANET.

12.2.6.1 Evolución temporal en los nodos.

Esta tabla muestra la variación de la demanda y la presión de un nodo en específico, en cada hora de simulación.



Instante en horas	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m	Calidad
0:00	1508	2.41	0.48	70.62	0.00
1:00	1508	2.41	0.48	70.62	0.00
2:00	1508	2.41	0.72	70.57	0.00
3:00	1508	2.41	1.21	70.52	0.00
4:00	1508	2.41	1.93	70.39	0.00
5:00	1508	2.41	2.41	70.25	0.00
6:00	1508	2.41	2.29	70.29	0.00
7:00	1508	2.41	1.81	70.41	0.00
8:00	1508	2.41	1.45	70.48	0.00
9:00	1508	2.41	1.21	70.52	0.00
10:00	1508	2.41	0.96	70.54	0.00
11:00	1508	2.41	1.08	70.53	0.00
12:00	1508	2.41	1.45	70.48	0.00
13:00	1508	2.41	1.45	70.48	0.00
14:00	1508	2.41	1.21	70.52	0.00
15:00	1508	2.41	0.96	70.54	0.00
16:00	1508	2.41	0.84	70.56	0.00

Tabla 1. Evolución temporal nodo 4.

12.2.6.2 Estados de los nudos.

Esta tabla muestra la variación de las propiedades de los diferentes nodos en una hora específica.

Estado de los Nudos de la Red a las 18:00 Horas					
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m	Calidad
Nudo 89	1483	2.35	1.29	49.57	0.00
Nudo 90	1482	1.57	0.86	49.73	0.00
Nudo 92	1510	2.26	1.24	66.88	0.00
Nudo 93	1500	6.57	3.61	76.86	0.00
Nudo 95	1507	0	0.00	70.10	0.00
Nudo 96	1508	0	0.00	70.43	0.00
Nudo 97	1480	1.83	1.01	102.05	0.00
Nudo 98	1480	0	0.00	102.18	0.00
Nudo 99	1520	0	0.00	2.05	0.00
Nudo 100	1520	0	0.00	2.05	0.00
Nudo 101	1520	0	0.00	2.03	0.00
Nudo 102	1492	3.65	2.01	29.98	0.00
Nudo 104	1480	0	0.00	41.98	0.00
Nudo 106	1488	0	0.00	33.99	0.00
Nudo 107	1488	0	0.00	33.85	0.00
Nudo 108	1474	0	0.00	47.28	0.00
Nudo 109	1490	1.53	0.84	31.25	0.00
Nudo 110	1496	1.07	0.59	25.24	0.00

Tabla 2. Estado de los nodos en la red a las 18:00 horas.

12.2.6.3 Evolución temporal de las tuberías.

En la tabla se muestra la variación en el tiempo del caudal, la velocidad y la pérdida unitaria de una tubería en específico.

Instante en horas	Diámetro mm	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
0:00	400	0.0015	8.28	0.07	0.01	Abierta
1:00	400	0.0015	8.28	0.07	0.01	Abierta
2:00	400	0.0015	12.42	0.10	0.03	Abierta
3:00	400	0.0015	20.71	0.16	0.07	Abierta
4:00	400	0.0015	33.13	0.26	0.16	Abierta
5:00	400	0.0015	41.41	0.33	0.23	Abierta
6:00	400	0.0015	39.34	0.31	0.21	Abierta
7:00	400	0.0015	31.06	0.25	0.14	Abierta
8:00	400	0.0015	24.85	0.20	0.10	Abierta
9:00	400	0.0015	20.71	0.16	0.07	Abierta
10:00	400	0.0015	16.57	0.13	0.05	Abierta
11:00	400	0.0015	18.64	0.15	0.06	Abierta
12:00	400	0.0015	24.85	0.20	0.09	Abierta
13:00	400	0.0015	24.85	0.20	0.09	Abierta
14:00	400	0.0015	20.71	0.16	0.07	Abierta
15:00	400	0.0015	16.57	0.13	0.05	Abierta
16:00	400	0.0015	14.50	0.12	0.04	Abierta
17:00	400	0.0015	14.50	0.12	0.04	Abierta
18:00	400	0.0015	22.78	0.18	0.08	Abierta

Tabla 3. Evolución temporal tubería 4

12.2.6.4 Estado de las tuberías.

Esta tabla muestra la variación de las propiedades de las diferentes tuberías en una hora específica.

Estado de las Líneas de la Red a las 6:00 Horas						
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería 5	150	0.025	0.00	0.00	0.00	Abierta
Tubería 6	400	0.025	37.05	0.29	0.20	Abierta
Tubería 7	300	0.025	14.06	0.20	0.14	Abierta
Tubería 8	300	0.025	11.91	0.17	0.10	Abierta
Tubería 9	150	0.025	5.86	0.33	0.80	Abierta
Tubería 10	150	0.025	5.86	0.33	0.80	Abierta
Tubería 12	150	0.025	2.97	0.17	0.24	Abierta
Tubería 13	200	0.0015	6.05	0.19	0.21	Abierta
Tubería 14	200	0.0015	5.96	0.19	0.20	Abierta
Tubería 15	200	0.0015	0.00	0.00	0.00	Abierta
Tubería 16	200	0.0015	2.47	0.08	0.04	Abierta
Tubería 17	150	0.0015	3.04	0.17	0.25	Abierta
Tubería 18	150	0.0015	5.51	0.31	0.70	Abierta
Tubería 19	150	0.0015	0.00	0.00	0.00	Abierta
Tubería 21	200	0.03	0.00	0.00	0.00	Abierta
Tubería 22	400	0.0015	3.04	0.02	0.00	Abierta
Tubería 23	400	0.0015	0.00	0.00	0.00	Abierta

Tabla 4. Estado de las líneas en la red a las 6:00 horas.

Para crear las tablas en EPANET:

- Seleccionar la opción del menú **Informes >> Tablas** o bien pulsando el botón



Tablas de la barra de Herramientas Estándar.

- Rellenar las opciones que corresponda en el diálogo de *Selección de la tabla*. Pulsar el botón **Aceptar** para generar la tabla

12.2.7 Informe completo:

Este informe muestra todos los resultados para la totalidad de nudos y líneas, en cada uno de los instantes de la simulación. (Ver anexo I: En formato digital).

12.3 MONTAJE EN ARCGIS

12.4 Modelo Entidad Relación.

Es esta ilustración se muestra la relación que existe entre los elementos y las propiedades de cada elemento previo y fundamental para el diseño de La base de datos.

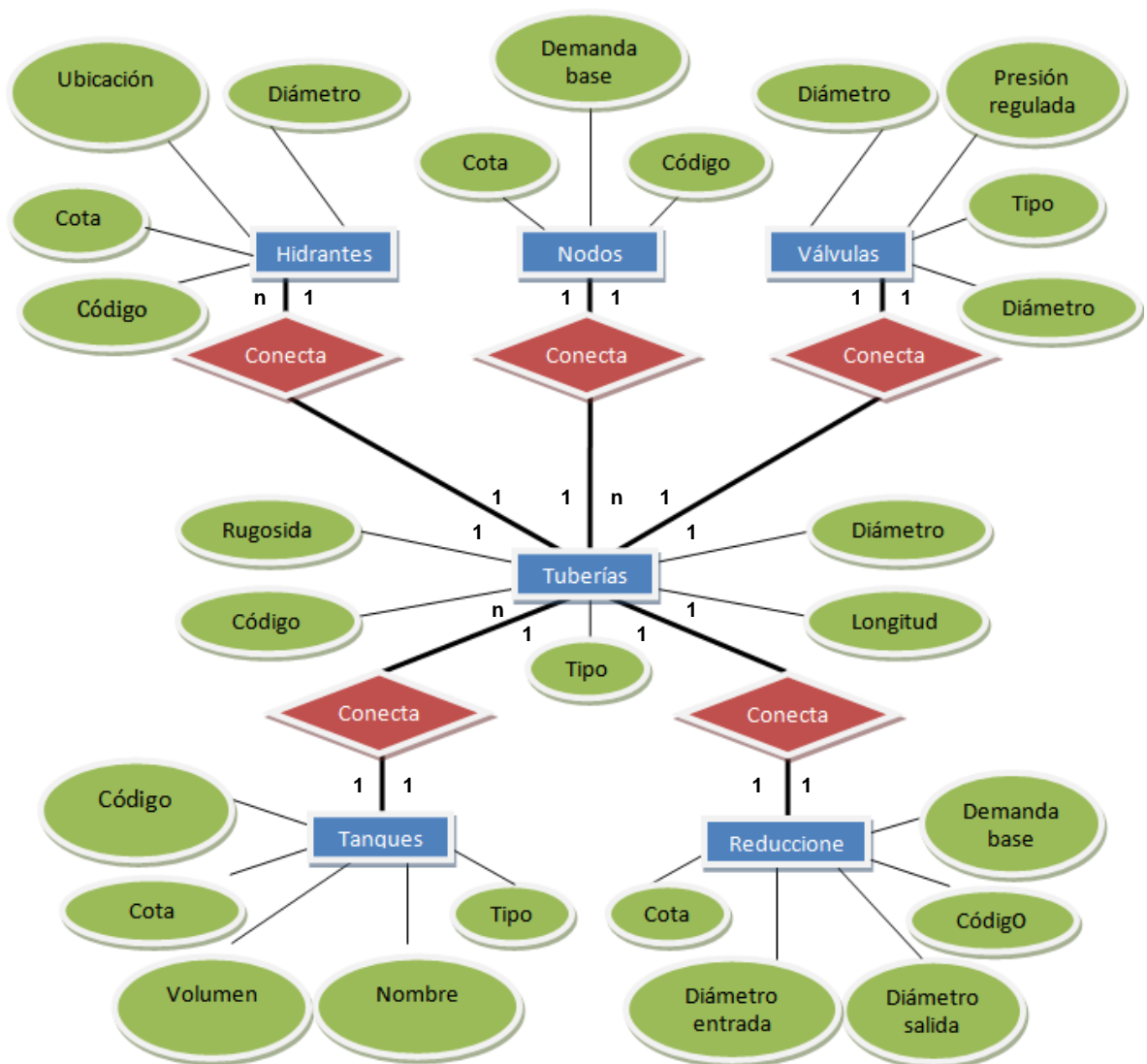


Ilustración 15. Modelo entidad-relación

12.4.1.1 Diseño de la base de datos.

Esta es la figura del diseño de la base de datos, en ella se puede observar las relaciones entre los elementos. De los tanques surgen tuberías y en las tuberías se empalman hidrantes, válvulas, reducciones y nodos. La clave primaria o llave principal es la que permite identificar de manera única e inequívoca un registro, no puede contener valores duplicados, ni valores nulos (o en blanco).

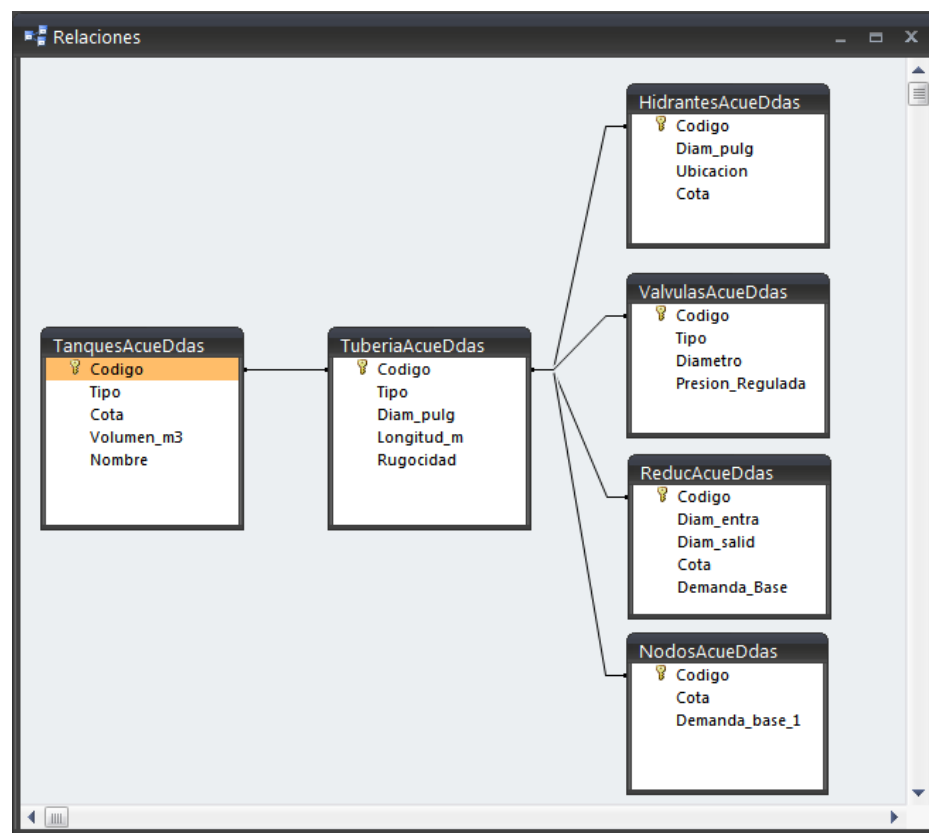


Ilustración 16. Diseño de la base de datos.

12.4.2 FLUJOGRAMA.

En esta sección se explica, paso a paso, el proceso de montaje de la información en el programa ArcGIS.

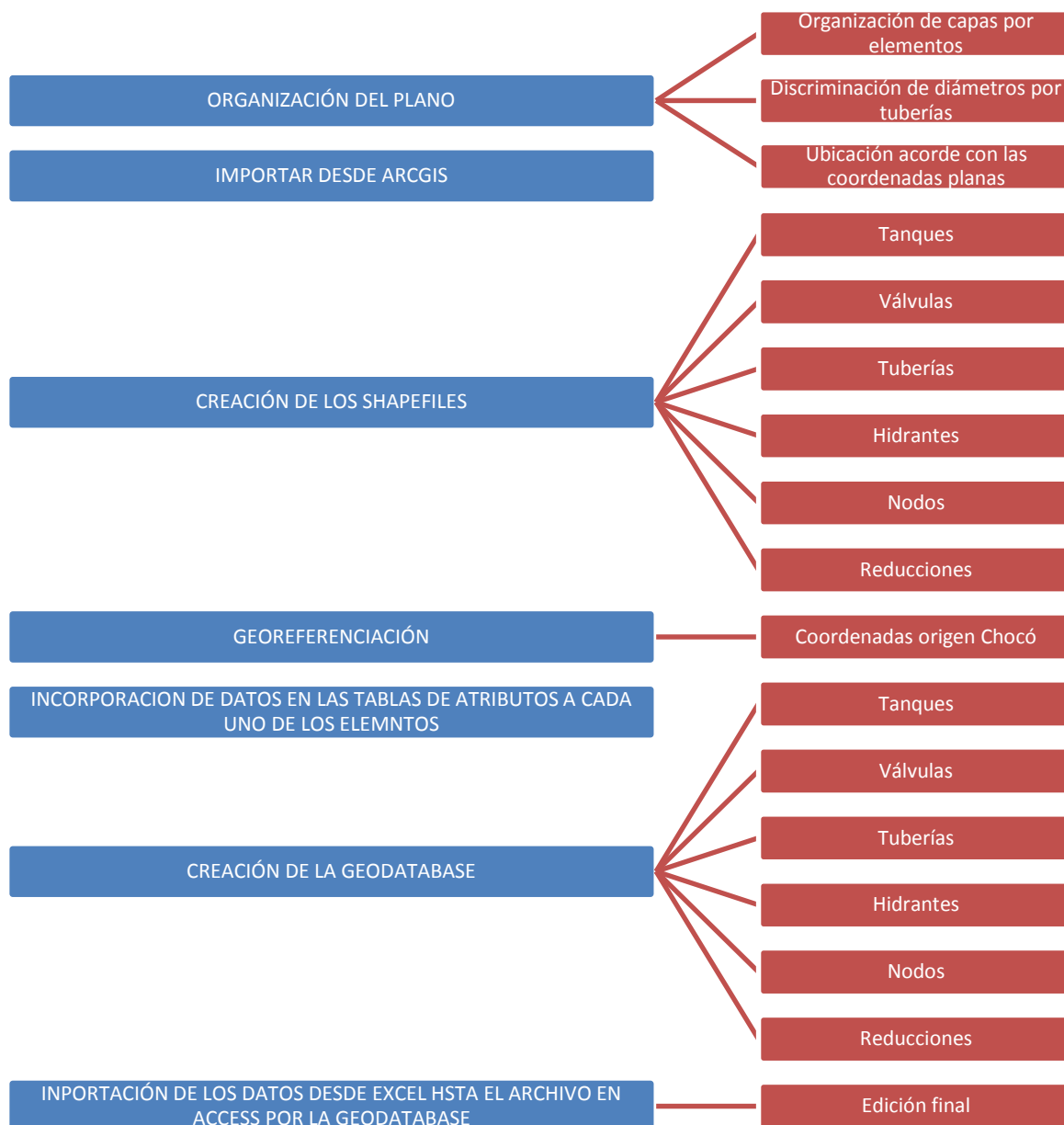


Ilustración 17. Flujograma de ArcGIS

12.4.3 Procedimiento metodológico.

Para el ingreso de la información a ArcGis se empieza con la preparación del plano en Autocad. Allí se deben seleccionar las tuberías con los diámetros que están dentro del alcance del proyecto, las cuales iguales o mayores a diámetros de 6 pulgadas. También se deben organizar las capas presentes en el plano, una por cada grupo de elementos, estas son: tuberías separadas por diámetros, nodos, válvulas, reducciones, hidrantes, tanques y finalmente los predios, direcciones y nomenclatura. Teniendo el plano organizado se ubica para que coincida con las coordenadas reales y se importa desde ArcGIS de la siguiente manera: Se abre el programa ArcGIS, se da clic en el botón “Add Data”, se busca la ruta donde se encuentra el plano guardado, se da doble clic sobre el archivo, se selecciona la opción “Polyline” y por último se da clic en Add. (Ver ilustración 18).

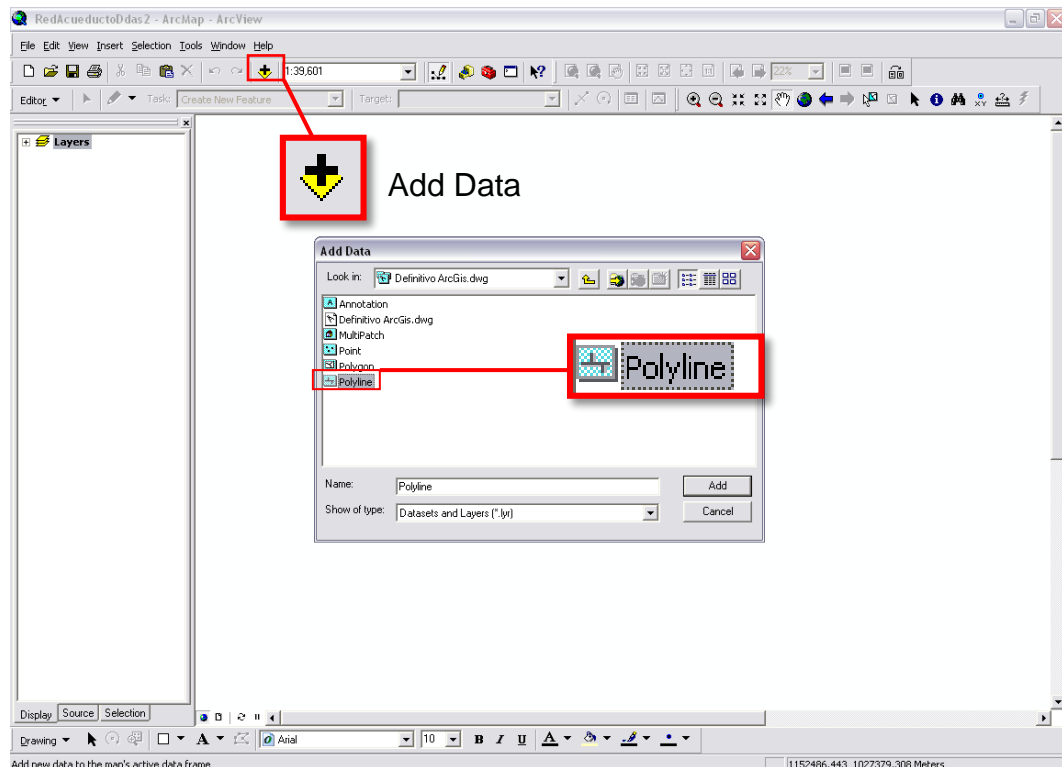


Ilustración 18. Proceso de importación del plano.

En ArcGis, para poder insertar los datos provenientes de EPANET, se tiene que crear un “Shapefile” por cada capa de elementos.

Teniendo el plano importado en la tabla de contenido, (Ver ilustración 20) se hace clic derecho; en el menú que despliega se da clic en la opción “Open Attribute Table”; en la tabla de atributos aparece una columna titulada “Layer”, ésta contiene cada uno de los elementos identificados con sus nombres. Para crear los Shapefiles se seleccionan todos los elementos que tengan el mismo nombre, se hace clic derecho nuevamente en el archivo del plano importado, en el menú que despliega se dirige hacia la opción “Data”, “Export Data” y guardamos el Shapefile. Esto se repite para cada uno de los elementos. (ver ilustración 19)

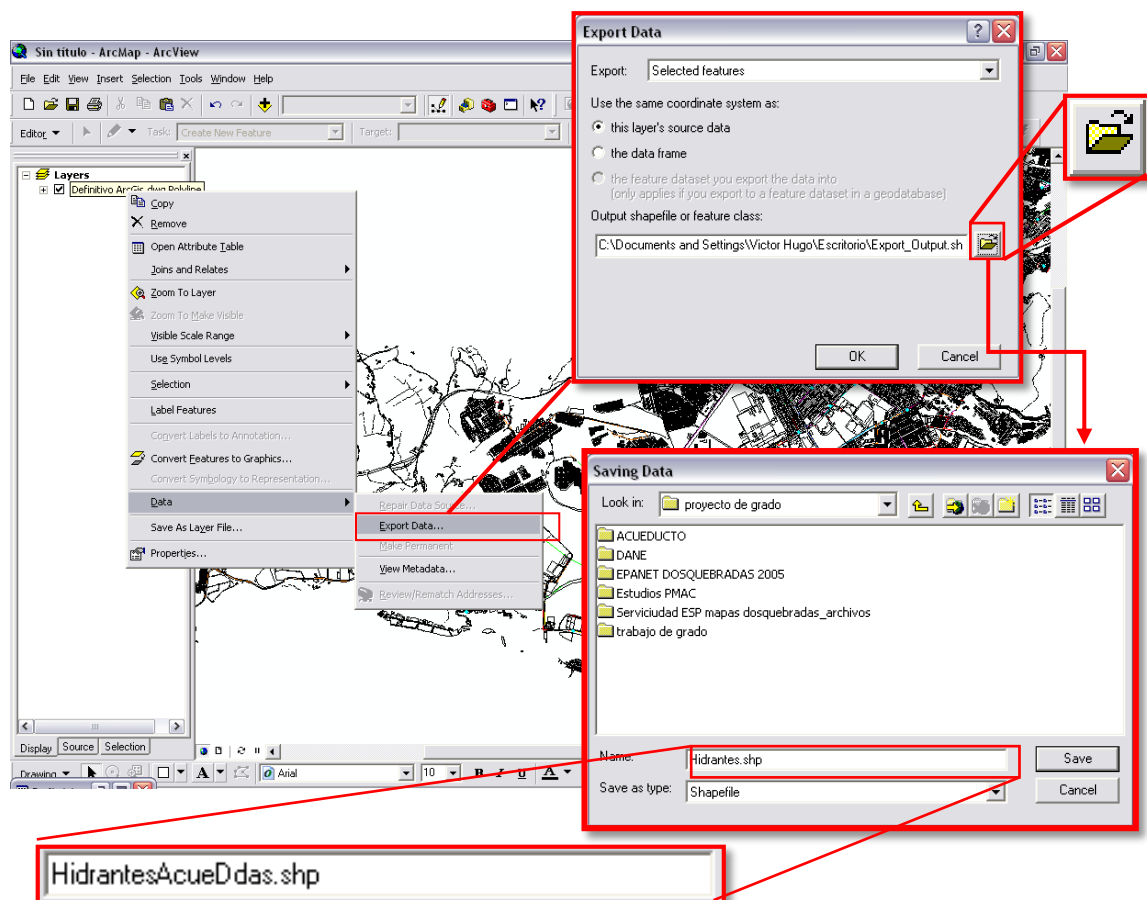


Ilustración 19. Creación de los Shapefiles

Cuando los Shapefiles estén agregados, aparecen en la tabla de contenido, la cual está marcada con el cuadro rojo en la ilustración 20.

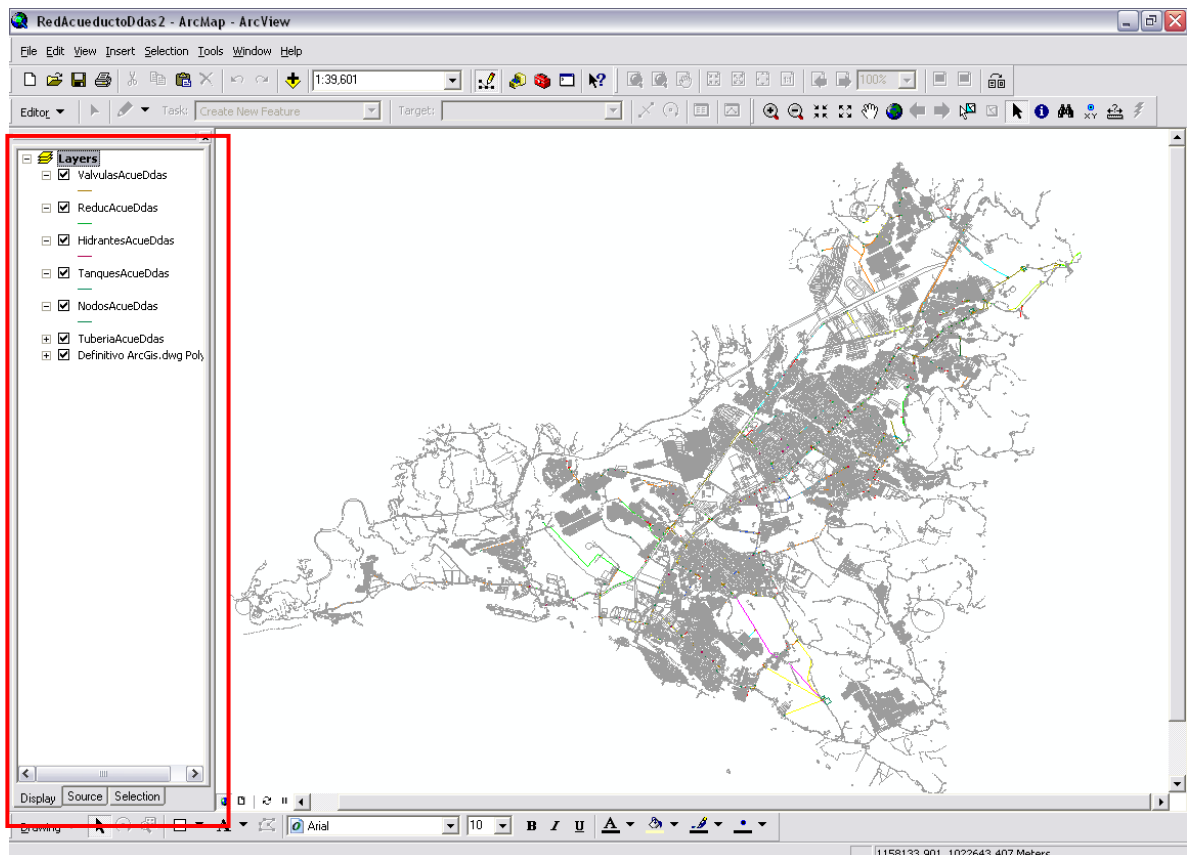


Ilustración 20. Ubicación de la tabla de contenido en ArcGis.

Todos los Shapefiles tienen una tabla de atributos, en esta se ven las propiedades de los elementos y para desplegarla se da clic derecho en cada uno de ellos y en el menú que aparece se hace clic a “Open attribute table”.

Para crear campos de la tabla de atributos, hacemos clic en el botón “Options” y luego en el menú desplegable hacemos clic en “Add Fields”. Se agrega el nombre del campo, el tipo de información que va a contener y la cantidad de caracteres.

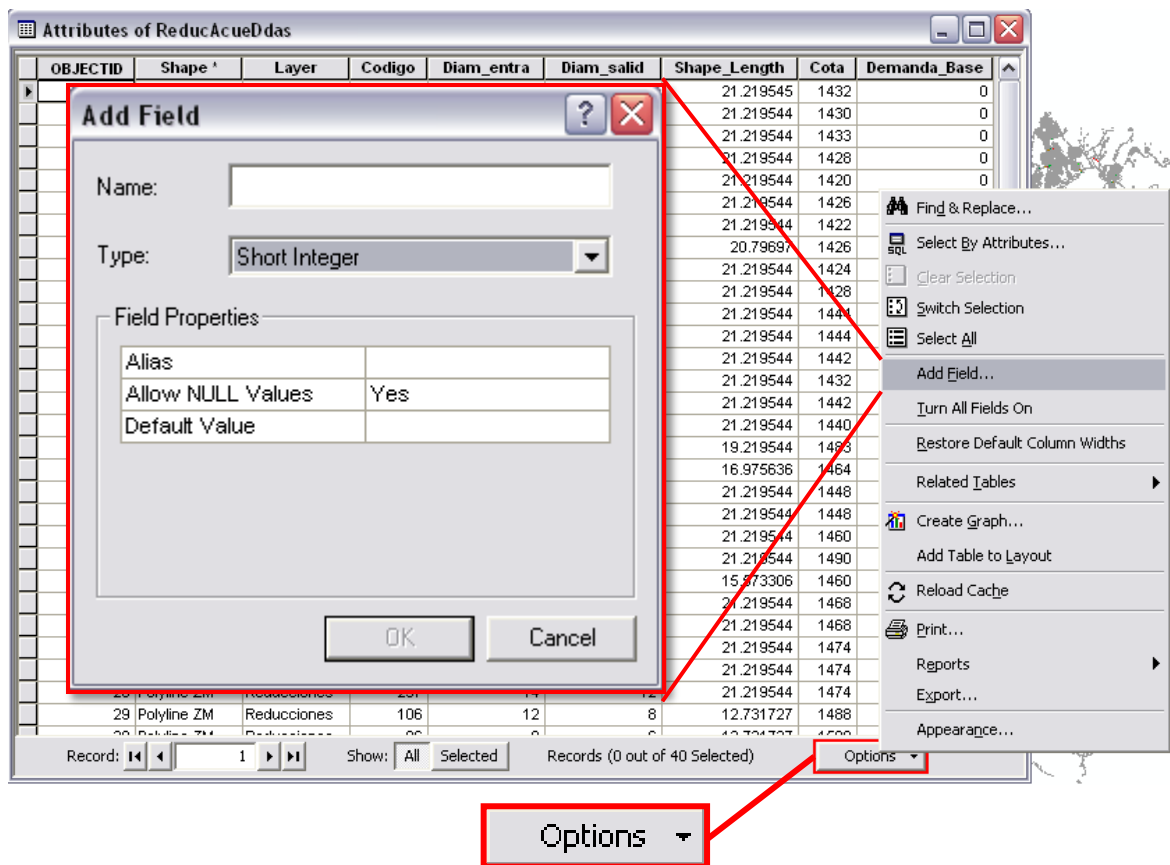


Ilustración 21. Creación de los campos en la tabla de atributos.

En las ilustraciones de la 16 a la 21 se observa cada elemento dentro del área urbana del municipio con sus respectivos colores y su tabla de atributos en la parte superior izquierda de la imagen, estas ilustraciones son tomadas en el proceso del montaje de datos en el programa ArcGIS.

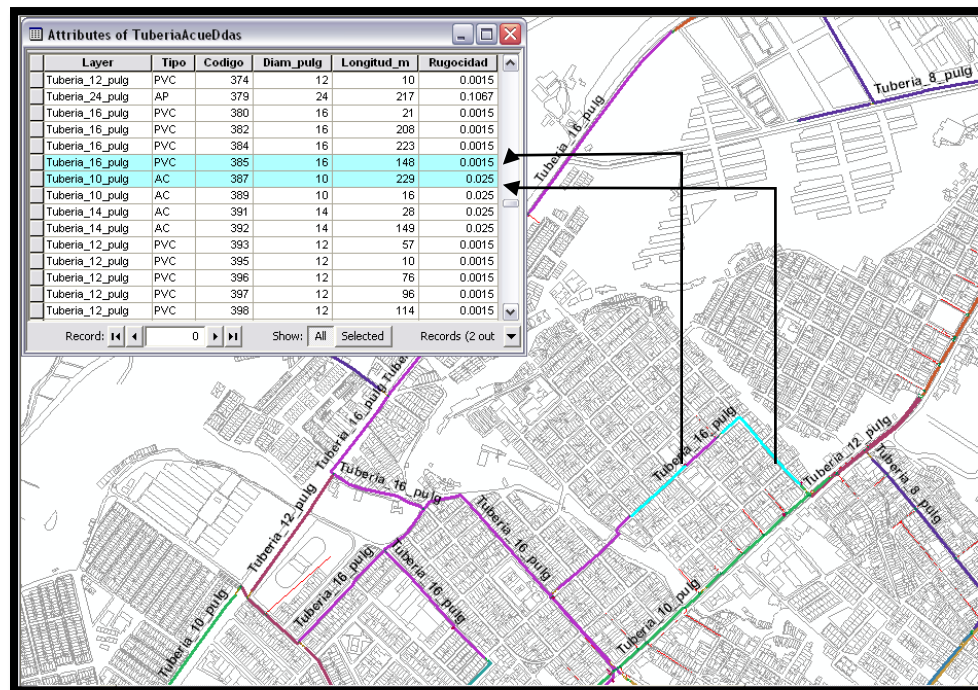


Ilustración 22. Tuberías y tabla de atributos.

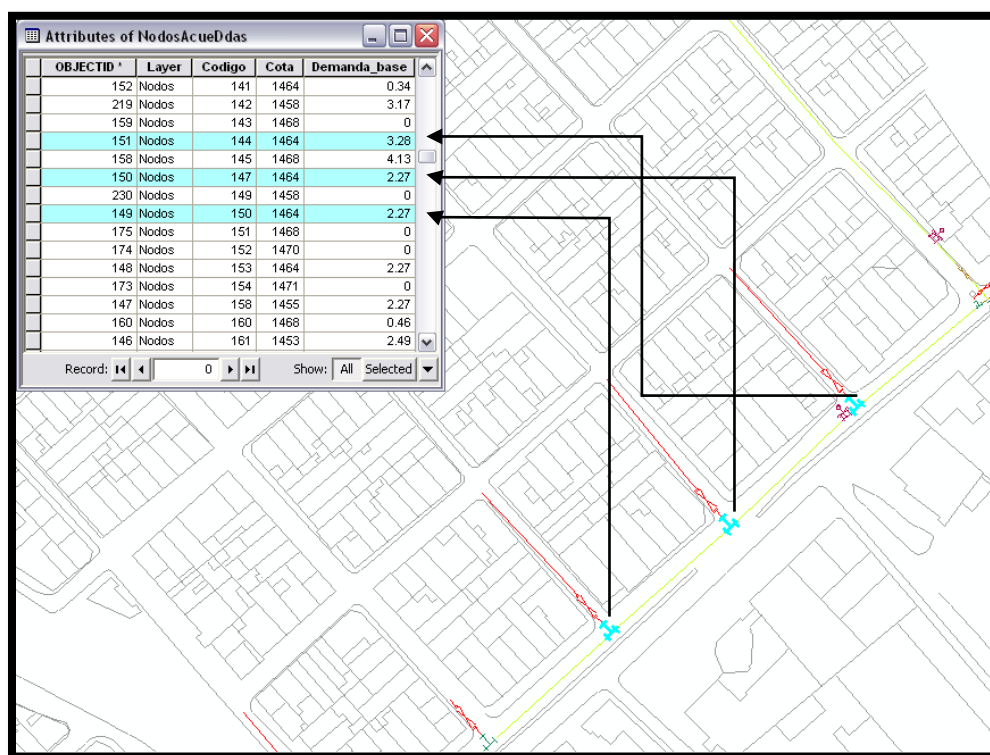


Ilustración 23. Nodos y tablas de atributos.

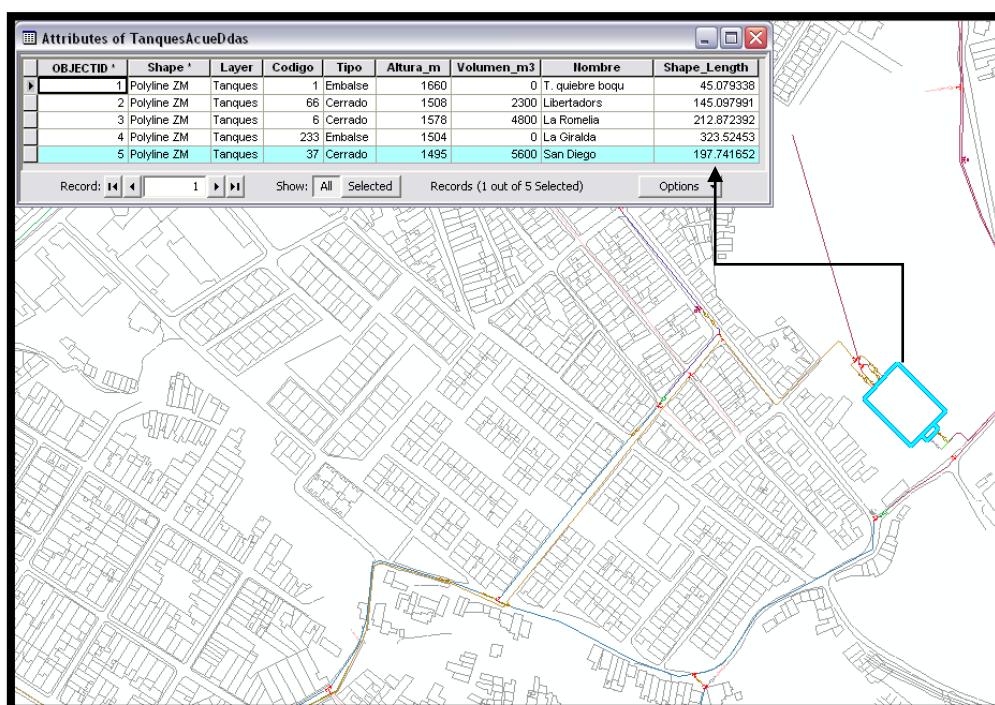


Ilustración 24. Tanques y tabla de atributos.

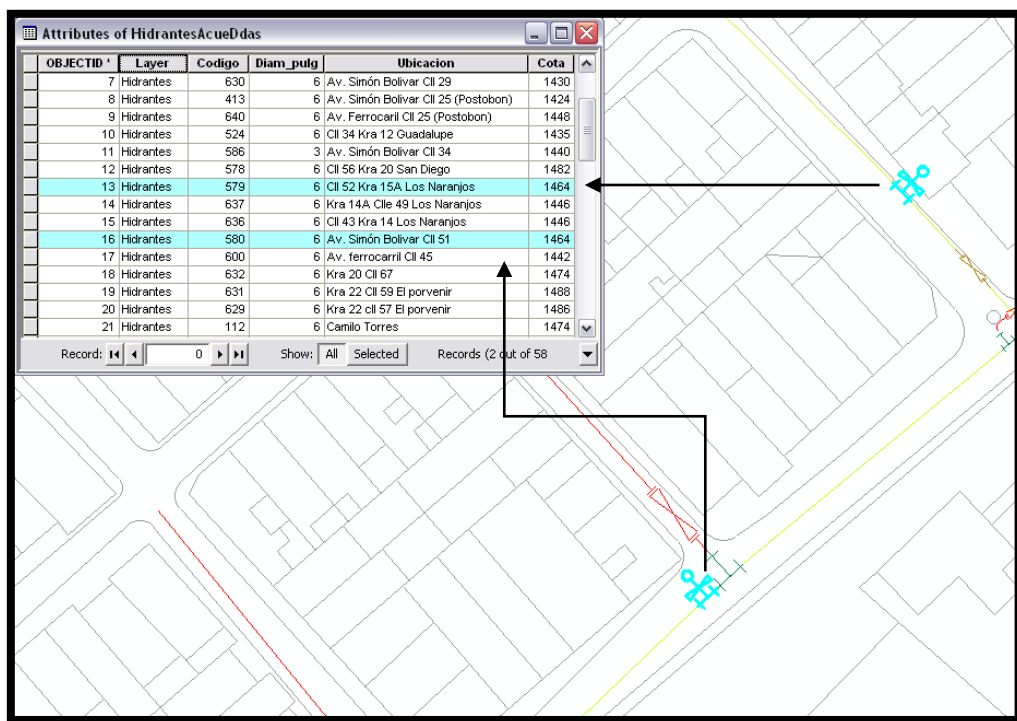


Ilustración 25. Hidrantes y tabla de atributos.

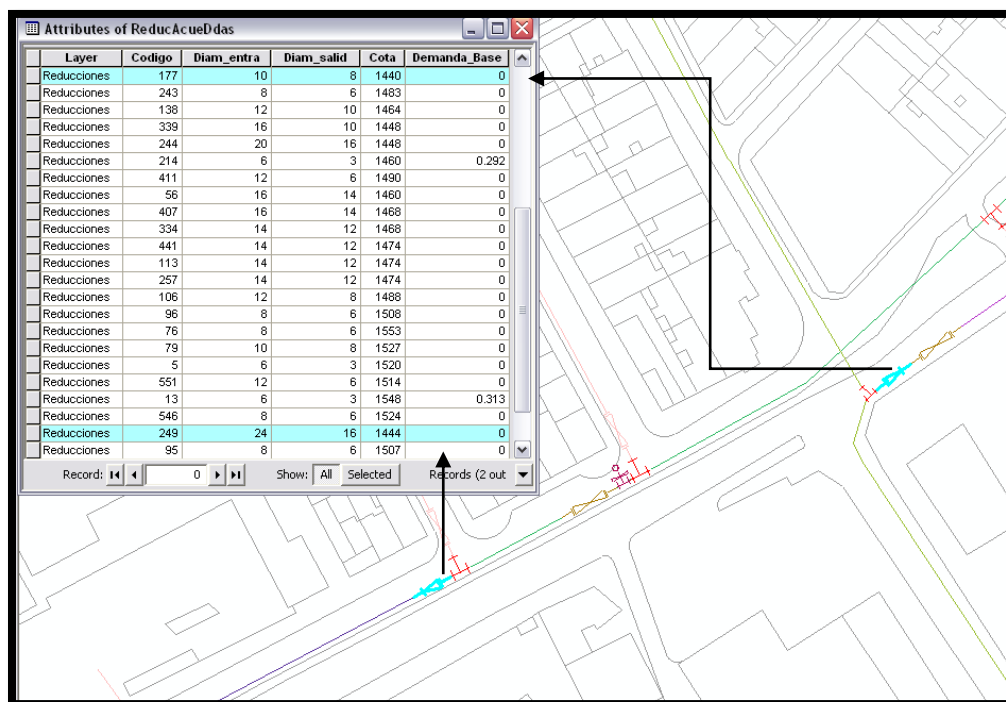


Ilustración 26. Reducciones y tabla de atributos.

OBJECTID	Shape	Layer	Codigo	Tipo	Shape_Length	Diametro	Presion_Regulada
1	Polyline ZM	Valvulas	522	PBV	29.19518	150	50
2	Polyline ZM	Valvulas	506	TCV	32.439089	300	0
3	Polyline ZM	Valvulas	560	TCV	12.975636	200	0
4	Polyline ZM	Valvulas	86	TCV	25.951271	300	0
5	Polyline ZM	Valvulas	549	TCV	32.439089	200	0
6	Polyline ZM	Valvulas	353	TCV	32.439089	200	0
7	Polyline ZM	Valvulas	360	TCV	22.707362	200	0
8	Polyline ZM	Valvulas	364	TCV	32.439089	150	0
9	Polyline ZM	Valvulas	369	TCV	32.439089	200	0
10	Polyline ZM	Valvulas	343	TCV	32.439089	300	0
11	Polyline ZM	Valvulas	197	TCV	32.439089	200	0
12	Polyline ZM	Valvulas	189	TCV	32.439089	200	0
13	Polyline ZM	Valvulas	137	TCV	22.707362	200	0
14	Polyline ZM	Valvulas	206	TCV	22.707362	300	0
15	Polyline ZM	Valvulas	202	TCV	32.439089	200	0

Ilustración 27. Válvulas y tabla de atributos.

A cada tubería, nodo, tanque, reducción, hidrante y válvula se le proporciona un código; este código se pone por defecto en el programa EPANET y para una mejor organización y facilidad de manejo entre estos dos programas, se le da esta misma nomenclatura en ArcGIS.

OBJECTID	Codigo	Cota	Demanda_base
1	531	1429	0.941
2	469	1430	0
3	513	1428	0.739
4	463	1440	0
5	462	1440	0
6	466	1440	0.22
7	467	1440	0.58
8	428	1429	0

Tabla 5. Atributos de los nodos.

Aquí se evidencia el campo "Código", proveniente de EPANET

Una vez se tenga el campo “código” con su respectivo dato, se procede a la creación de la Geodatabase para cada uno de los Shapefiles. La creación de la Geodatabase genera, a su vez, un archivo en Microsoft Access con todos los campos elaborados anteriormente en las tablas de atributos, a estos campos se les adicionan los datos arrojados por EPANET.

La importancia de la Geodatabase es que crea una base datos principal, esta es tanto espacial como alfanumérica, la cual permite el almacenamiento de una gran cantidad de información; es compatible con Microsoft Access, con Microsoft Excel. La extensión que genera es .mdb. Los Shapefile pasan a Features class

Los pasos para la creación de la Geodatabase son los siguientes: Primero se hace clic en el botón de ArcCatalog o en la barra de herramientas se da clic en “Tools” y en el menú desplegable se hace clic en ArcCatalog; En la ventana que aparece, buscamos la carpeta en donde está ubicado el proyecto, se da clic sobre esta, se dirige hacia la barra de herramientas “File”, “New”, “Personal Geodatabase”. (ver ilustración 28). Luego se da clic derecho sobre la Geodatabase que se acaba de crear, e importamos todos los Shapefiles y se da aceptar, de esta manera todos pasan a ser Features class

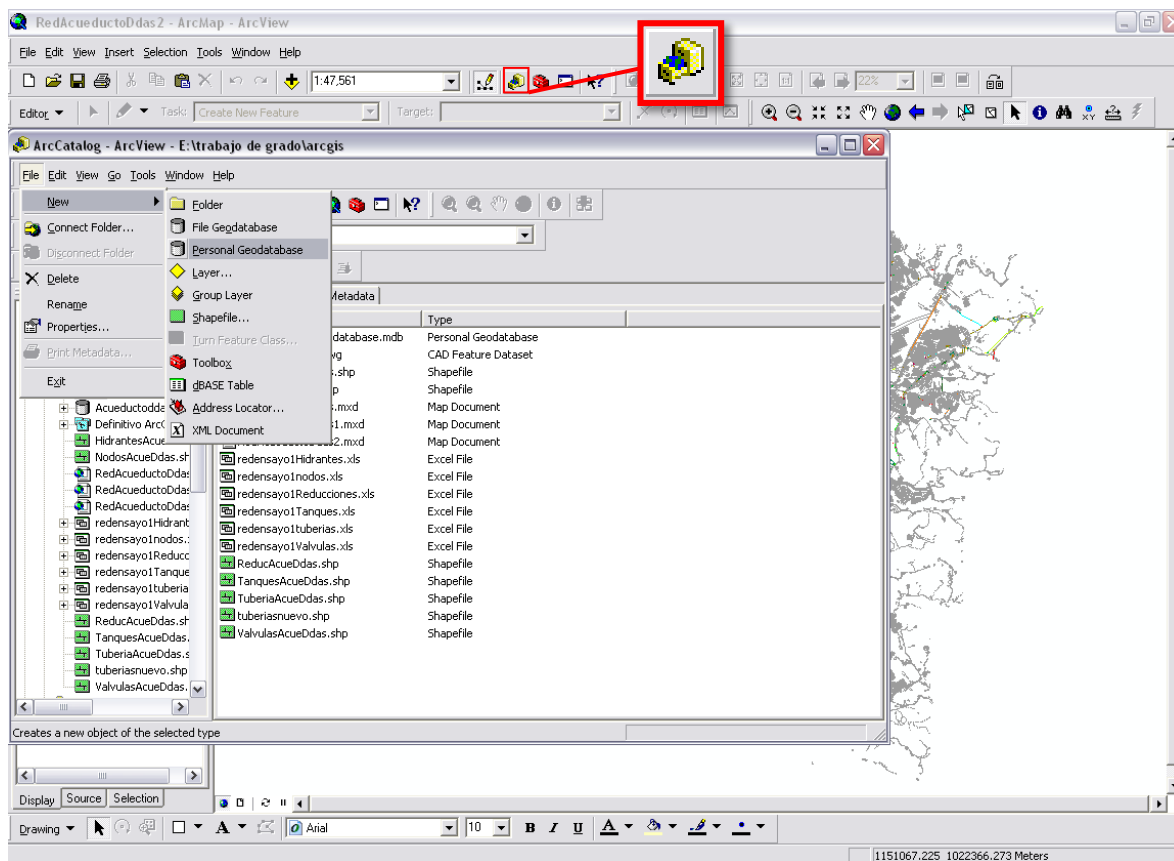
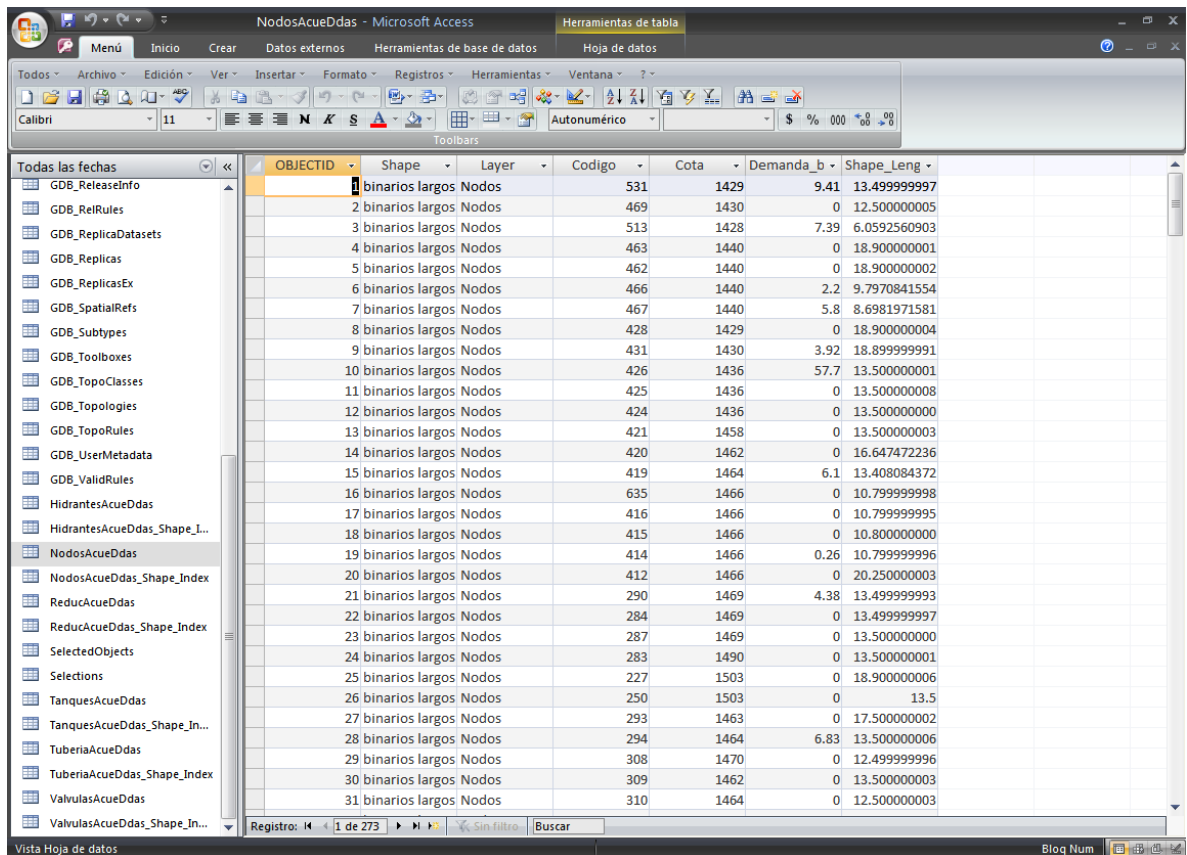


Ilustración 28. Creación de la Geodatabase

Los Shapefile que pasaron a la Geodatabase fueron: ValvulasAcueDdas, ReducAcueDdas, HidrantesAcueDdas, TanquesAcueDdas, NodosAcueDdas y TuberiaAcueDdas.

La introducción de datos desde EPANET hacia ArcGIS se hace por medio de un "Join", este permite anexar los campos de una tabla a los de otra, a través de un atributo o un campo común en ambas tablas; pero debido a complicaciones, posiblemente del programa, se tuvo que hacer de otra manera por medio del archivo Microsoft Access creado por defecto con la Geodatabase. (Ver ilustración 29). Los datos obtenidos de la modelación se copian desde su archivo en Microsoft Excel y se pegan en su respectivo campo en el archivo Microsoft Access.

Los datos ingresados a este en archivo Microsoft Access se pueden ver más adelante en el numeral 12.4.4 Tablas

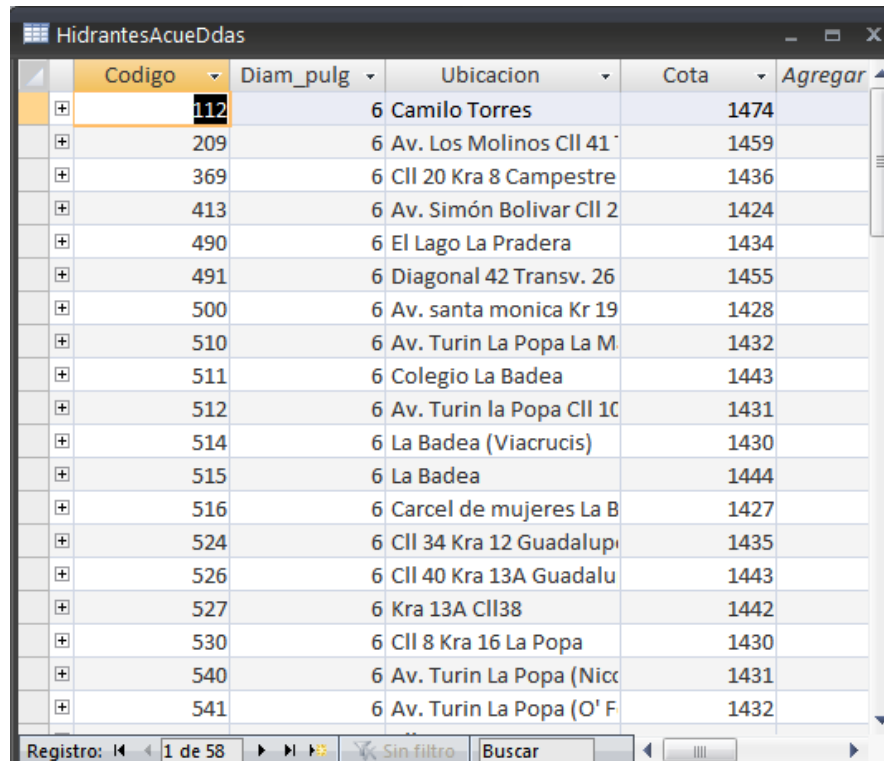


OBJECTID	Shape	Layer	Codigo	Cota	Demanda_b	Shape_Leng
1	binarios largos	Nodos	531	1429	9.41	13.499999997
2	binarios largos	Nodos	469	1430	0	12.500000005
3	binarios largos	Nodos	513	1428	7.39	6.0592560903
4	binarios largos	Nodos	463	1440	0	18.900000001
5	binarios largos	Nodos	462	1440	0	18.900000002
6	binarios largos	Nodos	466	1440	2.2	9.7970841554
7	binarios largos	Nodos	467	1440	5.8	8.6981971581
8	binarios largos	Nodos	428	1429	0	18.900000004
9	binarios largos	Nodos	431	1430	3.92	18.899999991
10	binarios largos	Nodos	426	1436	57.7	13.500000001
11	binarios largos	Nodos	425	1436	0	13.500000008
12	binarios largos	Nodos	424	1436	0	13.500000000
13	binarios largos	Nodos	421	1458	0	13.500000003
14	binarios largos	Nodos	420	1462	0	16.647472236
15	binarios largos	Nodos	419	1464	6.1	13.408084372
16	binarios largos	Nodos	635	1466	0	10.799999998
17	binarios largos	Nodos	416	1466	0	10.799999995
18	binarios largos	Nodos	415	1466	0	10.800000000
19	binarios largos	Nodos	414	1466	0.26	10.799999996
20	binarios largos	Nodos	412	1466	0	20.250000003
21	binarios largos	Nodos	290	1469	4.38	13.499999993
22	binarios largos	Nodos	284	1469	0	13.499999997
23	binarios largos	Nodos	287	1469	0	13.500000000
24	binarios largos	Nodos	283	1490	0	13.500000001
25	binarios largos	Nodos	227	1503	0	18.900000006
26	binarios largos	Nodos	250	1503	0	13.5
27	binarios largos	Nodos	293	1463	0	17.500000002
28	binarios largos	Nodos	294	1464	6.83	13.500000006
29	binarios largos	Nodos	308	1470	0	12.499999996
30	binarios largos	Nodos	309	1462	0	13.500000003
31	binarios largos	Nodos	310	1464	0	12.500000003

Ilustración 29. Archivo de Microsoft Access creado por la Geodatabase.

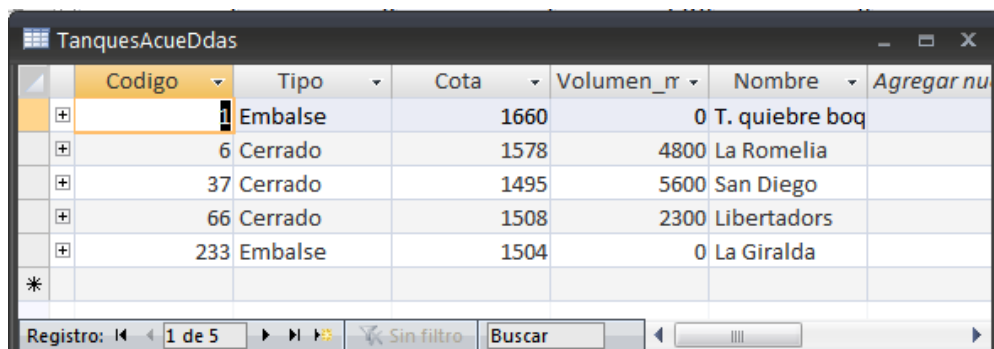
12.4.4 Tablas

A continuación se muestran las tablas de la base de datos de cada elemento con sus atributos y valores (ver tablas 6, 7, 8, 9, 10 y 11).



Codigo	Diam_pulg	Ubicacion	Cota	Agregar
112	6	Camilo Torres	1474	
209	6	Av. Los Molinos CII 41	1459	
369	6	CII 20 Kra 8 Campestre	1436	
413	6	Av. Simón Bolívar CII 2	1424	
490	6	El Lago La Pradera	1434	
491	6	Diagonal 42 Transv. 26	1455	
500	6	Av. santa monica Kr 19	1428	
510	6	Av. Turin La Popa La M	1432	
511	6	Colegio La Badea	1443	
512	6	Av. Turin la Popa CII 10	1431	
514	6	La Badea (Viacrucis)	1430	
515	6	La Badea	1444	
516	6	Carcel de mujeres La B	1427	
524	6	CII 34 Kra 12 Guadalupe	1435	
526	6	CII 40 Kra 13A Guadalu	1443	
527	6	Kra 13A CII38	1442	
530	6	CII 8 Kra 16 La Popa	1430	
540	6	Av. Turin La Popa (Nicc	1431	
541	6	Av. Turin La Popa (O' F	1432	

Tabla 6. Base de datos de los hidrantes.



Codigo	Tipo	Cota	Volumen_r	Nombre	Agregar nu
1	Embalse	1660	0	T. quiebre boq	
6	Cerrado	1578	4800	La Romelia	
37	Cerrado	1495	5600	San Diego	
66	Cerrado	1508	2300	Libertadors	
233	Embalse	1504	0	La Giralda	
*					

Tabla 7. Base de datos de los tanques.

	Codigo	Cota	Demanda_b	Agregar nuevo camp
+	2	1516	0	
+	3	1504	0	
+	4	1508	0.241	
+	7	1505	2.41	
+	8	1514	0	
+	9	1514	0.226	
+	10	1523	0	
+	11	1525	0.168	
+	12	1537	0.136	
+	14	1518	0.01	
+	15	1524	0.047	
+	16	1500	0	
+	17	1516	0	
+	18	1518	0	
+	19	1513	0	
+	20	1510	0	

Registro: 1 de 273 Sin filtro Buscar

Tabla 8. Base de datos de los nodos.

	Codigo	Diam_entra	Diam_salid	Cota	Demanda_B	Agregar nu
+	5	6	3	1520	0	
+	13	6	3	1548	0.313	
+	49	33	30	1430	0	
+	56	16	14	1460	0	
+	60	10	8	1456	0	
+	62	20	18	1428	0	
+	76	8	6	1553	0	
+	79	10	8	1527	0	
+	91	24	20	1442	0	
+	95	8	6	1507	0	
+	96	8	6	1508	0	
+	106	12	8	1488	0	
+	107	14	8	1488	0	
+	113	14	12	1474	0	
+	138	12	10	1464	0	
+	177	10	8	1440	0	
+	214	6	3	1460	0.292	
+	221	30	24	1433	0	

Registro: 1 de 40 Sin filtro Buscar

Tabla 9. Base de datos de las reducciones.

Codigo	Tipo	Diam_pulg	Longitud_m	Rugocidad	Agregar nuevo cc
1	PVC	12	452	0.0015	
2	PVC	20	160	0.0015	
3	AC	16	638	0.025	
4	AC	16	130	0.025	
5	AC	6	40	0.025	
6	AC	16	384	0.025	
7	AC	12	286	0.025	
8	AC	12	12	0.025	
9	AC	6	96	0.025	
10	AC	6	45	0.025	
11	AC	8	7	0.025	
12	AC	6	125	0.025	
13	PVC	8	84	0.0015	
14	PVC	8	190	0.0015	
15	PVC	8	180	0.0015	
16	PVC	8	178	0.0015	
17	PVC	6	30	0.0015	
18	PVC	6	79	0.0015	

Registro: 1 de 509 Sin filtro Buscar

Tabla 10. Base de datos de las tuberías.

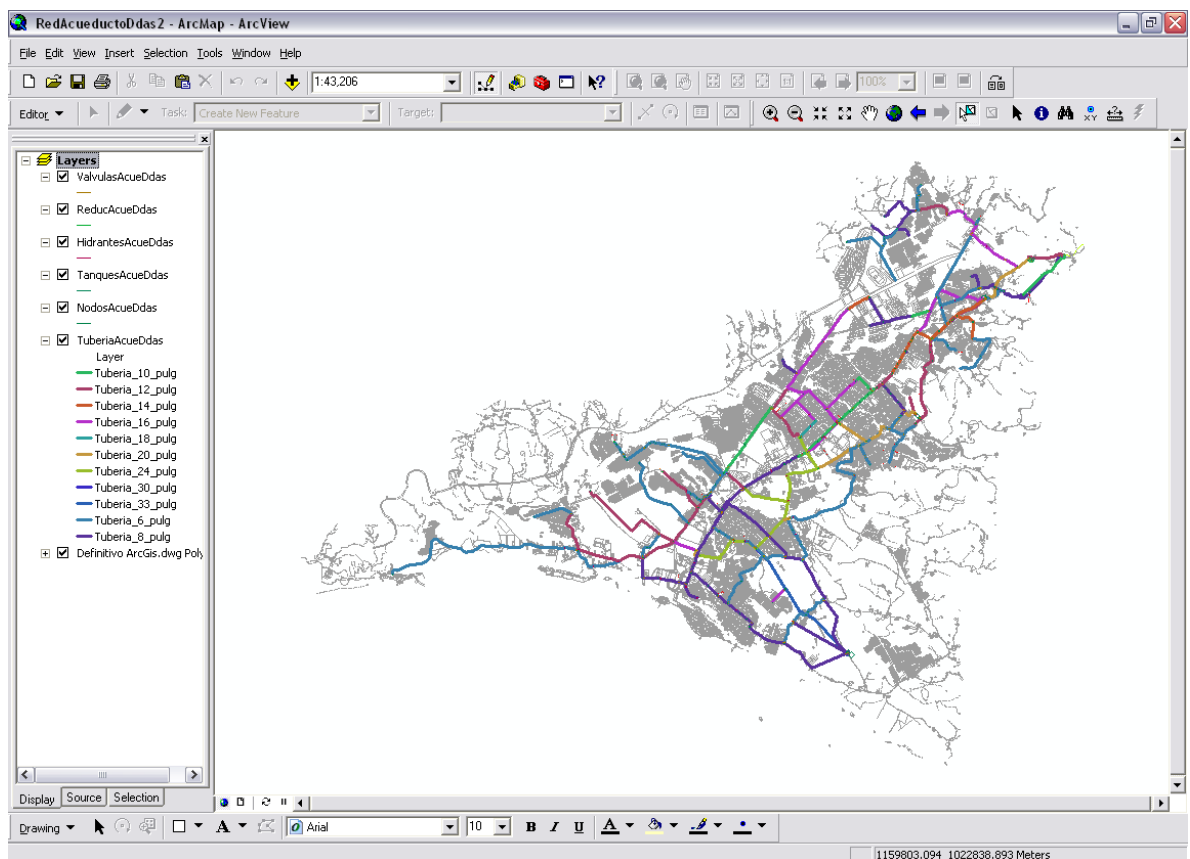
Codigo	Tipo	Diametro	Presion_Re	Agregar nuevo campo
27	TCV	200	0	
28	TCV	250	0	
30	TCV	150	0	
33	TCV	200	0	
34	TCV	200	0	
37	TCV	200	0	
42	TCV	150	0	
43	TCV	400	0	
47	TCV	400	0	
50	TCV	350	0	
56	TCV	350	0	
58	TCV	150	0	
63	TCV	500	0	
67	TCV	100	0	
76	TCV	200	0	
82	TCV	400	0	
86	TCV	300	0	

Registro: 1 de 131 Sin filtro Buscar

Tabla 11. Base de datos de las válvulas.

12.5 RESULTADOS FINALES.

Como resultado final se obtiene un mapa del municipio de Dosquebradas georeferenciado, en el cual se podrán hacer consultas sobre la red matriz del acueducto, desde longitudes totales por diámetros de tubería hasta el número total de hidrantes con su respectiva ubicación.



(Ver anexo J)

13 CONCLUSIONES

- Se Realizó la simulación en EPANET y se descubrió que en la red matriz del acueducto del municipio de Dosquebradas existen cinco puntos de altas presiones, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

CÓDIGO	PRESIÓN (m.c.a)	UBICACIÓN
97	102.36	Barrio Libertadores, en los alrededores del colegio Manuel Elkin Patarroyo
98	102.48	
78	112.68	
79	112.84	
472	115.17	Barrio Pedregales

Tabla 12. Nodos de altas presiones.

- Según la simulación de la red de acueducto en el municipio de Dosquebradas, con el software EPANET, en ninguno de los nodos evaluados se encontraron puntos de baja presión en el sistema.
- La longitud total de tuberías de la red de acueducto de Dosquebradas es de 61072 m distribuidas de la siguiente manera según el diámetro.

Diámetro	Numero de tuberías	longitud total (m)
Tuberia_10_pulg	39	3163
Tuberia_12_pulg	63	9577
Tuberia_14_pulg	34	2506
Tuberia_16_pulg	37	7247
Tuberia_18_pulg	3	269
Tuberia_20_pulg	23	2686

Tuberia_24_pulg	19	3084
Tuberia_30_pulg	1	12
Tuberia_33_pulg	2	1473
Tuberia_6_pulg	158	17896
Tuberia_8_pulg	130	13159

Tabla 13 Diámetros con longitudes totales

- La red matriz de acueducto del municipio de Dosquebradas cuenta, en un alto porcentaje, con tuberías de asbesto y PVC, según tabla anexa.

Tipo de tubería	Numero de tuberías	Longitudes totales (m)	Porcentaje
Asbesto cemento	192	21407	35%
American pipe	20	4742	8%
Hierro dúctil	11	3251	5%
Polietileno de alta densidad	1	428	1%
PVC	285	31244	51%

Tabla 14 Longitudes totales por tipo de tubería

- La empresa prestadora de servicios públicos, Serviciudad ESP, no cuenta con macromedidores que son necesarios para conocer la cantidad de agua que consume el municipio de Dosquebradas, razón por la cual se estima que las pérdidas asociadas a la operación del sistema son determinadas de manera estimativa, y no corresponden con la realidad.
- El municipio de Dosquebradas, y en particular la empresa de servicios públicos domiciliarios SERVICIUDAD ESP, cuentan a partir de la realización del presente ejercicio investigativo, con la georreferenciación de la red matriz de acueducto, de tuberías con diámetro > a 6", mediante el SIG ArcView.

- Un 5% del metraje total de tubería de la red de acueducto del municipio de Dosquebradas, presenta tipología en hierro dúctil, razón por la cual se estima que el sistema presenta una baja vulnerabilidad en cuanto a los materiales de la red.
- El 35% de la red matriz de acueducto del municipio de Dosquebradas está constituida por materiales en asbesto cemento, con el consecuente incremento de la rugosidad y pérdida de eficiencia del sistema.
- Con las actuales condiciones de presión de la red matriz de acueducto del municipio de Dosquebradas, se estima que la población servida actual no está expuesta a riesgo por desabastecimiento, salvo eventuales incidentes que puedan comprometer la compra en bloque a los municipios de Pereira y/o Santa Rosa de Cabal.

14 RECOMENDACIONES

- Debido a que los volúmenes entregados al sistema de distribución de agua potable son un parámetro importante, debe preverse la instalación de macromedidores para la obtención de datos reales del consumo, además del cumplimiento de la normatividad vigente: según el RAS, (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico) Título A. numeral A.11.1.18 (Artículo 86) en el numeral 3. : *"Para los niveles medio alto y alto de complejidad en los que la red de distribución sea operada por empresas diferentes, al inicio de la red concedida a cada uno de las empresas prestadoras del servicio, debe existir un macromedidor con el fin de contabilizar el agua que está siendo entregada a cada uno de ellos"*.
- Para los puntos donde se encuentran nodos con alta presión, se recomienda instalar válvulas de quiebre para reducir las presiones que sobrepasen las admitidas por las tuberías, con el propósito de atenuar los potenciales efectos de una ruptura y/o fuga del sistema.
- Se recomienda la sustitución de las tuberías en asbesto cemento puesto que estas tienen una rugosidad muy alta, comparada a la de otros materiales como el PVC. Además la manipulación de este tipo de material genera riesgos que atentan contra la salud, según la Organización Mundial de la Salud.
- Por la enorme cantidad de datos arrojados por la simulación, se hace necesario que los programas EPANET y ArcGIS estén indispensablemente ligados el uno del otro.
- En el momento que se desee actualizar el catastro de las redes matrices de acueducto, se deben introducir los cambios, tanto en EPANET como en ArcGIS. Se recomienda que los cambios se hagan primero en EPANET debido que este

programa suministra el código de identificación de los elementos, para luego hacer los cambios en ArcGIS y tener la misma nomenclatura.

- Acorde con los resultados obtenidos en la presente investigación, es sustancial que el proceso de revisión y ajustes del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Dosquebradas, los englobe y evalúe a la luz del proceso de ocupación territorial local.
- Se recomienda a la empresa prestadora del servicio SERVICIUDAD ESP que se evalúe la condición de riesgo del sistema de redes matrices, en particular aquellas cuyo trazado coincide con drenajes y taludes potencialmente inestables y que pueden comprometer la estabilidad de las mismas.

15 BIBLIOGRAFÍA

- VALENCIA V, Aymer Delio, Curso de topografía para ingenieros, Pereira: 2002
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC, Principios básicos de cartografía temática, Nancy Aguirre Gutiérrez (Investigación y Coordinación). Editorial: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Año de edición: 1998
- SAMPIERI HERNÁNDEZ, Roberto, Metodología de la investigación, cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill. 2006
- GUTIÉRREZ CERDA, Hugo, Como elaborar proyectos, tercera edición. Editorial mesa redonda.
- ARONOFF, STAN. Geographic Information System: A Management Perspective 1989. WDL Publicaciones. Ottawa, Canadá
- NCGIA. 1990. Introduction to GIS, Santa Bárbara, California.

Páginas web:

- U.S EPA, U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Recuperado el 14 de 10 de 2009, de www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html
- www.dane.gov.co, demografía, proyecciones municipales 2005-2020
- <http://resources.arcgis.com/>
- www.humboldt.org.co (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt)

16 ANEXOS

CD 1

ANEXO A. Especificaciones técnicas Serviciudad ESP.

ANEXO B. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000.

ANEXO C. Ley 9 1979, Código Sanitario Nacional.

ANEXO D. Ley 373 de 1997, sobre ahorro y uso eficiente del agua.

ANEXO E. Ley 388 de 1997, sobre Planes de Ordenamiento Territorial.

ANEXO F. Ley 142 de 1994, por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios.

ANEXO G. Decreto 475 de 1998, del Ministerio de Salud Pública y de Desarrollo Económico, por el cual se expiden las Normas sobre calidad del agua potable.

ANEXO H. Resultados EPANET.

ANEXO I. PRESUPUESTO

PROYECTO DE GRADO “DIAGNOSTICO Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LA REDES MATRICES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DOSQUEBRADAS RISARALDA”

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VR UNT	VR PARCIAL	ASUMIDO POR		
						TESISTAS	UNIVERSIDAD	SERVICIUDAD
1	Horas de trabajo	Gl mes	10	\$ 1,300,000	\$ 13,000,000	100%		
2	Transporte	Gl mes	10	\$ 132,000	\$ 1,320,000	100%		
3	Acompañamiento							
3.1	Director trabajo de grado	Gl mes	5	\$ 3,000,000	\$ 15,000,000		100%	
3.2	Profesional Serviudad	Gl mes	5	\$ 1,600,000	\$ 8,000,000			100%
4	Papeleria y Equipo de oficna							
4.1	Computador	mes	5	\$ 220,000	\$ 1,100,000	50%		50%
4.2	fotocopias	Gl mes	5	\$ 80,000	\$ 400,000	30%		70%
4.3	Impresiones y ploteos	Gl mes	5	\$ 50,000	\$ 250,000	30%		70%
4.4	Informe final	Gl	1	\$ 150,000	\$ 150,000	100%		
Costo total					\$ 39,220,000	\$ 15,215,000	\$ 15,000,000	\$ 9,005,000

ANEXO J. Plano de la red de acueducto del municipio de Dosquebradas